



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE GRADUACIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERA EN TELEINFORMÁTICA**

**ÁREA
TECNOLOGÍAS APLICADAS**

**TEMA
“ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA EL USO
DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO EN LA FACULTAD
DE INGENIERÍA INDUSTRIAL”**

**AUTORA
ARROBA CUESTA ALICIA LEONELLA**

**DIRECTOR DEL TRABAJO
ING. ELEC. ANDRADE GRECO PLINIO, MBA.**

**2017
GUAYAQUIL – ECUADOR**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“La responsabilidad del contenido del presente Investigación Directa, me pertenece exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil”

Arroba Cuesta Alicia Leonella
C.C. 0951257559

AGRADECIMIENTO

Agradezco de todo corazón a Dios por permitirme llegar a este gran paso en mi vida profesional.

A mis padres César Arroba y María Cuesta que con su esfuerzo, dedicación y enseñanzas han forjado en mí una mujer de principios y valores correctos.

A mi hermana Amelia Arroba por sus consejos y determinación apoyándome siempre a que nunca me rinda y avance día a día tanto personal como profesionalmente, a mi amigo Rubén Campoverde que fue un gran compañero durante nuestros años de estudios universitarios.

A mi tutor el Ing. Plinio Andrade Greco que me ayudó en el proceso de titulación con sus consejos, a mi revisora y gestora de titulación la Ing. Ingrid García Torres que permitió la evolución de mi tesis en el proceso de revisión.

A cada uno de los docentes de la carrera Ingeniería en Teleinformática que con sus conocimientos han hecho que llegue a este proceso de titulación.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a Dios, al pilar fundamental de mi vida que son mis padres César y María, mis hermanas Ruth y Amelia, a mis sobrinos Alisson, Tony y Kiara. A mi madrina Marcela Cabezas por su apoyo incondicional. A toda mi familia en general que me ha apoyado en el transcurso de mis estudios. A todos los amigos que he hecho en cada paso desde la primaria hasta la universidad. Y a todos los que me aprecian y conocen como soy.

ÍNDICE GENERAL

N°	Descripción	Pág.
	PRÓLOGO	1

CAPÍTULO I EL PROBLEMA

N°	Descripción	Pág.
1.1	Planteamiento del problema	2
1.1.1	Formulación del problema	3
1.1.2	Sistematización del problema	3
1.2	Objetivos de la investigación	3
1.2.1	Objetivo general	3
1.2.2	Objetivos específicos	3
1.3	Justificación	4
1.4	Delimitación del problema	6
1.5	Hipótesis de la investigación	7
1.6	Variables	7
1.6.1	Variables dependientes	7
1.6.2	Variable independiente	7

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

N°	Descripción	Pág.
2.1	Antecedentes	8
2.1.1	Energía Solar en Alemania	8
2.1.2	Energía Solar en España	10
2.1.3	Energía Solar en Canadá	13

N°	Descripción	Pág.
2.2	Marco Teórico	14
2.2.1	Generación Solar	14
2.2.1.1	Sistema de generación solar	14
2.2.1.2	Paneles solares	15
2.2.2	Funcionamiento de un panel fotovoltaico	17
2.2.3	Tipos de sistemas fotovoltaicos	19
2.2.3.1	Sistema On-grid	19
2.2.3.1.1	Rentabilidad del sistema On grid	21
2.2.3.2	Sistema Off-grid	22
2.2.4	Ventajas de las instalaciones fotovoltaicas	24
2.2.4.1	Sistemas modulares	24
2.2.4.2	Larga duración	24
2.2.4.3	Mantenimiento	25
2.2.4.4	Fiabilidad	25
2.2.4.5	Medio ambiente	25
2.2.5	Inconvenientes de las instalaciones fotovoltaicas	26
2.2.5.1	Costo	26
2.2.5.2	Estética	26
2.2.6	Equipos necesarios para una instalación fotovoltaica	26
2.2.6.1	Paneles fotovoltaicos	27
2.2.6.2	Regulador	28
2.2.6.3	Baterías de ciclo profundo	29
2.2.6.4	Inversor	30
2.2.6.4.1	Etapas del inversor	31
2.2.7	Orientación de los paneles fotovoltaicos	32
2.3	Marco Conceptual	34
2.4	Marco Legal	35
2.4.1	Constitución de la República del Ecuador	35
2.4.2	Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica	36
2.4.3	Agencia de Regulación y Control de Electricidad	36
2.4.4	Consejo Nacional Eléctrico	37

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

N°	Descripción	Pág.
3.1	Descripción del proceso metodológico	39
3.1.1	Modalidad de la investigación	39
3.1.2	Tipo de investigación	39
3.2	Métodos	39
3.2.1	Técnicas	40
3.2.2	Herramientas	40
3.2.3	Entrevista no estructurada	40
3.2.3.1	Objetivos de la entrevista	41
3.2.3.2	Conjunto de preguntas	41
3.2.4	Método de transición a escoger	43

CAPÍTULO IV PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN

N°	Descripción	Pág.
4.1	Definición de la propuesta	44
4.2	Planificación del proyecto	44
4.3	Instalación eléctrica	44
4.3.1	Banco de transformador	45
4.3.2	Irradiación en Guayaquil	46
4.3.3	Cálculo del consumo energético	47
4.4	Sistema On grid y sistema Off grid	48
4.4.1	Comparativa de los sistemas fotovoltaicos	48
4.5	Diseño del sistema fotovoltaico	49
4.5.1	Sistema fotovoltaico off grid	50
4.5.1.1	Panel solar	50
4.5.1.2	Inversor	52
4.5.1.3	Batería	53

N°	Descripción	Pág.
4.5.1.4	Estimación de la planta fotovoltaica Off grid	55
4.5.2	Sistema fotovoltaico On grid	55
4.5.2.1	Panel solar	56
4.5.2.2	Inversor PVS800	57
4.5.2.3	Esquema protección de paneles solares	58
4.5.2.4	Esquema del funcionamiento On grid	60
4.5.2.5	Generación de energía eléctrica	61
4.5.2.6	Cálculo de generación eléctrica	61
4.5.2.5	Estimación de la planta fotovoltaica On grid	62
4.5.3	Resultados Obtenidos	63
4.6	Conclusiones	64
4.7	Recomendaciones	65
4.8	Anexo	65
4.9	Bibliografía	84

ÍNDICE DE TABLAS

N°	Descripción	Pág.
1	Dimensión del banco de transformador	45
2	Esquema del banco transformador	45
3	Irradiación global y difusa	46
4	Calidad sistema On grid	48
5	Calidad sistema Off grid	49
6	Valores estimados Off grid	55
7	Características inversor PVS800	58
8	Valores estimados On grid	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	Descripción	Pág.
1	Ubicación Facultad de Ingeniería Industrial	5
2	Evolución de la energía eléctrica en Alemania	8
3	Evolución del precio de electricidad en Alemania	9
4	Demanda eléctrica en España	10
5	Cobertura fotovoltaica en España	11
6	Cobertura fotovoltaica en Canadá	12
7	Panel de Silicio Monocristalino	15
8	Panel de Silicio Policristalino	16
9	Efecto fotovoltaico	17
10	Instalación conectada a la red eléctrica	20
11	Instalación aislada a la red eléctrica	22
12	Rendimiento de una celda solar	26
13	Regulador de carga	27
14	Inversor	28
15	Esquema del funcionamiento del inversor	29
16	Insolación Global promedio	31
17	Plazos considerados en títulos y registros	36
18	Esquema del banco de transformador	43
19	Panel FS250W	50
20	Inversor PVS800 1MW	51
21	Batería ciclo profundo	52
22	Esquema de protección	58
23	Funcionamiento del sistema On grid	59

AUTORA: ARROBA CUESTA ALICIA LEONELLA
TEMA: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA EL USO DEL
SISTEMA FOTOVOLTAICO EN LA FACULTAD DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL
DIRECTOR: ING. ELEC. ANDRADE GRECO PLINIO, MBA.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se basa en hacer un análisis técnico y económico de los sistemas fotovoltaicos como son: el conectado a la utilidad sin baterías y el conectado a la utilidad con resguardo de baterías y sus costos de generación eléctrica, se presenta un análisis sobre el sistema más idóneo para implementarlo en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil. En este estudio, se elaboró un análisis comparativo de costos de generación y porcentaje de uso de los sistemas fotovoltaicos que se aplican en tres países para distribución de la energía eléctrica. Se realizó además un análisis técnico que permitió obtener como resultado la cantidad y equipos con sus respectivas características técnicas necesarios para la instalación e implementación a futuro del sistema fotovoltaico, así como también se realizó un análisis económico del costo estimado para cada una de las plantas fotovoltaicas. Se observa que, del sistema fotovoltaico conectado a la red de distribución eléctrica se podrá obtener utilidades económicas a largo plazo que permitirán realizar una autogestión energética dentro de la Facultad de Ingeniería Industrial. Se establece también que en nuestro país la utilización de paneles solares es factible por la ubicación geográfica con respecto al sol. Así mismo se presenta las regulaciones de los organismos gubernamentales que establecen leyes para la instalación de sistemas no convencionales para la generación de energía eléctrica, tomando en cuenta la información provista para proyectos de sistemas fotovoltaicos de 1 MW de la Regulación 01/14 del Consejo Nacional Eléctrico.

PALABRAS CLAVES: Sistemas Fovoltaicos, Regulaciones, Generación Eléctrica

Arroba Cuesta Alicia Leonella
C.C. 0951257559

Ing. Elec. Andrade Greco Plinio, MBA.
Director del Trabajo

AUTHOR: ARROBA CUESTA ALICIA LEONELLA
TOPIC: TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS FOR THE
PHOTOVOLTAIC SYSTEM'S USE IN THE INDUSTRIAL
ENGINEERING FACULTY
DIRECTOR: EE ANDRADE GRECO PLINIO, MBA.

ABSTRACT

The present research work is based on a technical and economic analysis of photovoltaic systems such as: the connected to the utility without batteries and the connected to the utility with backup batteries and the electricity generation costs, it is presented an analysis about the most suitable system to be implemented in the Faculty of Industrial Engineering of the University of Guayaquil. In this study, a comparative analysis of electrical generation costs was done and there is the percentage of the photovoltaic systems that are applied in three countries for its electrical energy distribution. A technical analysis was also carried out and it allowed us to obtain as a result the quantity and equipment with its proper technical characteristics need for the installation and implementation of the photovoltaic system in order to do be used in the future and there is also an economic analysis about the estimated cost per each photovoltaic plant. It is observed that, from the photovoltaic system connected to the electrical distribution network, long-term economic benefits can be obtained that will allow self-management of energy within the Faculty of Industrial Engineering. It is also established that in our country the use of solar panels is possible because of the geographical location with respect to the sun.

It also presents the regulations of government agencies that establish laws for the installation of non-conventional systems for the generation of electric power, taking into account the information provided for projects of photovoltaic systems of 1 MW of the Regulation 01/14 by the National Electrical Counselling (CONELEC)

KEY WORDS: Photovoltaic Systems, Regulations, Electrical Generation.

Arroba Cuesta Alicia Leonella
I.D. 0951257559

EE Andrade Greco Plinio, MBA.
Director of work

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo detalla el estudio técnico y económico para la utilización de un sistema fotovoltaica dentro de la Facultad de Ingeniería Industrial, si es factible o no la transición de la obtención de energía eléctrica a través de un sistema no convencional.

En el capítulo I nombrado El problema se detalla la sistematización del problema a estudiar, los objetivos que se requieren alcanzar al finalizar el trabajo de titulación, la justificación del mismo, el alcance y las variables que afecten al desarrollo de la investigación.

El Marco Teórico como se titula el capítulo II se presentan los antecedentes de la investigación, la utilización de sistemas fotovoltaicos en los países europeos y el impacto ambiental en cada uno, el funcionamiento de una planta fotovoltaica y el marco legal que avalen el presente trabajo.

El capítulo III titulado la Metodología; es donde se detallan los métodos y las técnicas utilizadas para el trabajo de titulación y el cual permite elegir el método de transición al uso de sistemas fotovoltaicos.

En el capítulo IV se realiza el estudio de factibilidad técnica y económica para la utilización del sistema fotovoltaico que más convenga para la implementación en la Facultad de Ingeniería Industrial.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

Desde 1752 Benjamín Franklin quien dio apertura para el descubrimiento de la electricidad ha sido de gran ayuda para los múltiples beneficios de la humanidad, la cual en la actualidad utiliza altos niveles de consumo de energía eléctrica para las diferentes labores diarios como ejemplo en instituciones educativas, empresas, negocios, en el hogar y en lugares públicos como parques etc.

Por otra parte, en el Ecuador, la electricidad es importante para diversas actividades, sobre todo para las empresas y negocios, como ha ocurrido en varias épocas donde los apagones o escases de energía eléctrica han generado diferentes dificultades y gastos elevados en cuanto al problema de la energía eléctrica proporcionada por la empresa eléctrica.

Por ello en múltiples ocasiones se han presentado investigaciones que busquen dar solución a estas dificultades de electricidad, y reducir los escases de energía, pero generan gastos elevados y también conllevan repercusiones ambientales como existen en las empresas hidroeléctricas que para su implementación necesitan cubrir áreas fértiles que favorecen en gran parte a la economía del país.

Por estas razones se plantea la idea de generación de energía eléctrica a través del sistema fotovoltaico haciendo uso de la energía proporcionada por el sol con el fin de reducir el impacto de consumo de energía eléctrica en la Institución pública y ser un centro de generación de distribución de energía eléctrica.

1.1.1 Formulación del problema

¿Cuál de los métodos para la generación de energía eléctrica es el mejor para la implementación del sistema fotovoltaico en la Facultad de Ingeniería Industrial?

1.1.2 Sistematización del problema

- 1) ¿Cómo influye el uso del sistema fotovoltaico en la Facultad de Ingeniería Industrial?
- 2) ¿Cuál es el impacto que genere el uso del sistema fotovoltaico en la Facultad de Ingeniería Industrial?

1.2 Objetivos de la Investigación

1.2.1 Objetivo General

Analizar la situación técnica y económica para la obtención de energía eléctrica mediante un sistema fotovoltaico en la Facultad de Ingeniería Industrial.

1.2.2 Objetivos Específicos

- 1) Definir cuál de los sistemas utilizados en los paneles solares es viable para la generación de energía eléctrica.
- 2) Hacer el análisis de la capacidad de consumo de energía eléctrica y el costo de implementación de los paneles solares en la Facultad de Ingeniería Industrial.
- 3) Esclarecer la situación legal de la autogeneración de energía eléctrica en el país para la implementación del sistema fotovoltaico en la Facultad.

1.3 Justificación

La primera celda solar fue creada en 1883 por Charles Fritts quien tuvo éxito en la generación de energía eléctrica mediante la energía solar al obtener un 16 por ciento de efectividad, con este hecho histórico, el avance haciendo uso de esta tecnología que en varios países ya han implementado los sistemas fotovoltaicos para la alimentación de la energía eléctrica y proporcionar a diversas áreas sociales.

En Ecuador actualmente la utilización de los sistemas fotovoltaicos para la obtención de energía eléctrica a través de los paneles solares no tiene tanto auge, y aunque existen instalaciones fotovoltaicas de sistemas descentralizados en la zona de la Isla Santay por lo que no hay acceso a la energía eléctrica a través de un medio físico por ello implementan esta clase de sistema fotovoltaico.

Así mismo en Puerto Roma se hace uso de este sistema antes mencionado el cual permite el progreso de aquellos lugares los cuales años atrás carecían de energía eléctrica, por lo tanto, la justificación de esta investigación está dada por factores sociales, económicos, técnicos y ambientales.

La razón social está dada porque el uso de la energía renovable e innovadora para los negocios los cuales actualmente usan plantas de energía, cuando surgen problemas eléctricos como son en los apagones o son ejecutadas en momentos de emergencia, pero cabe mencionar el alto costo y la utilización de otro elemento como es el combustible que ocasiona contaminación para el medio ambiente el uso de este tipo de energía, hace que la implementación de este sistema fotovoltaico sea atractivo, eficiente y eficaz para su ejecución.

Dentro del factor económico la implementación de un sistema

fotovoltaico para el consumo de energía eléctrica no solo sustentaría el edificio, sino que, con la autogeneración de energía eléctrica la Universidad se beneficiaría económicamente porque supliría en cierta parte el gasto que conlleva pagar por el consumo energético mensualmente a la empresa eléctrica, y así resaltar a la Facultad de Ingeniería Industrial con la ejecución de este proyecto de investigación, el cual estará expuesto para varias investigaciones posteriores a esta tesis.

En el ámbito técnico se debe considerar un sistema fotovoltaico conveniente para la Facultad el cual se indicará en el desarrollo de esta propuesta dando todos los requerimientos necesarios para su aplicación, especificando los equipos y cantidad necesarios, el coste por el tipo de planta fotovoltaica que más beneficie. Así mismo dar a conocer los reglamentos o leyes que avalen el desarrollo del trabajo.

En cuanto al factor ambiental este proyecto busca beneficiar al ecosistema en la reducción de la contaminación ambiental, mediante el uso de la energía renovable proporcionada por la energía solar, ya no se sería necesario seguir creando empresas hidroeléctricas que ocupen terreno fértil en nuestro país, causando daños ambientales dentro del territorio nacional.

Por esta razón el estado ecuatoriano ha proporcionado a través del plan Nacional del Buen vivir un enfoque en el mejoramiento del medio ambiente a través del control del consumo de energía eléctrica haciendo uso de sistemas no convencionales para la generación de energía eléctrica.

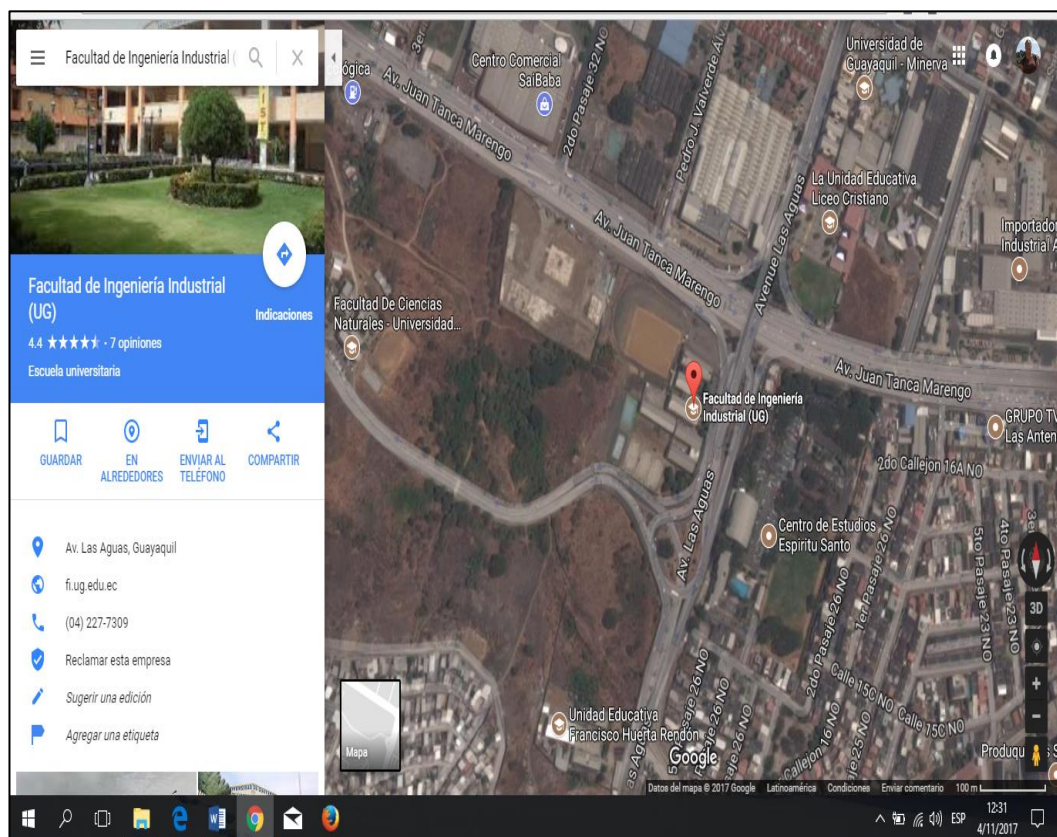
Y así, está demostrada la ejecución de este proyecto de investigación, el cual ejemplifica una de las razones más importantes en el cuidado de nuestro medio ambiente, por sus múltiples beneficios y aportaciones en la Universidad de Guayaquil y a la sociedad ecuatoriana la cual se beneficia de los sistemas de energía renovable por su bajo impacto

ambiental.

1.4 Delimitación

La ubicación geográfica donde se desarrolla el estudio de esta investigación es en la Facultad de Ingeniería Industrial ubicada en la Avenida Juantanca Marengo y Avenida Las Aguas.

FIGURA N°1
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



Fuente: Google Maps.

Elaborado por: Arroba Cuesta Alicia Leonella.

Logrando los siguientes aspectos a considerar en el estudio realizado:

- Comparar los tipos de sistemas utilizados en los paneles solares como son el sistema on-grid y el sistema off-grid.
- Evaluar el costo de migración para la alimentación de energía eléctrica instalando los paneles solares en la Facultad de Ingeniería

Industrial.

- Proponer un estudio económico en pro de identificar los gastos y costos del proyecto, para su futura implementación dentro de la Facultad de Ingeniería Industrial.

1.5 Hipótesis de la investigación

El análisis técnico del uso del sistema fotovoltaico para la implementación futura del diseño en conjunto con el análisis económico del mismo permitirá tener un ahorro cuantitativo en la forma de obtener energía eléctrica haciendo uso de paneles solares así mismo llevarse a cabo cual es el mejor sistema para aplicar dicho sistema dentro de la institución educativa.

1.6 Variables

1.6.1 Variables dependientes

- Falta de presupuesto.
- Falta de regulación estatal para venta de energía eléctrica.
- Desconocimiento de la utilidad de las energías renovables.

1.6.2 Variable independiente

No poseer un sistema de energía renovable que le permita una autogestión a la Facultad de Ingeniería Industrial.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

La implementación de los sistemas fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica en el mundo está tomando gran impulso, ya que favorecen al medio ambiente porque la generación de la energía no necesita de combustibles fósiles para su producción sino, al contrario, hace uso de la energía renovable e inagotable como es la proveniente del sol. Dentro de este capítulo se hará hincapié al uso de los sistemas fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica, analizando la situación de tres países y su utilización de energía solar entre ellos están:

- España
- Alemania
- Canadá

2.1.1 Energía Solar en Alemania

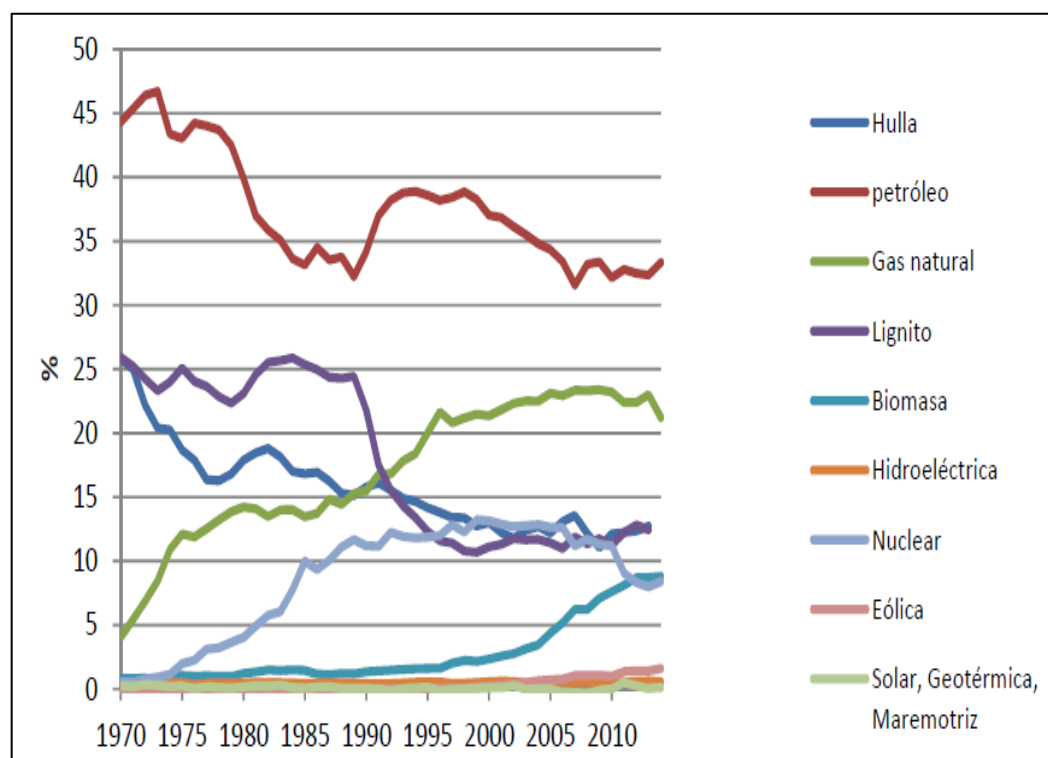
La energía solar considerada en las instalaciones eléctricas en Alemania hasta el año 2014 no eran muy apreciadas, copaban tan solo un 2,5% en energía solar producida, pero con el avance de la tecnología la utilización de sistemas fotovoltaicos compite en el mercado con otros países europeos considerando el uso de la energía fotovoltaica como fuente principal de obtención de energía.

En el año 2012 Alemania teniendo menos horas de sol invirtió en energía solar más que en España, logrando tener 32.69 MW de potencia en producción de energía fotovoltaica. Alemania considera a la energía

fotovoltaica como la solución a los problemas energéticos por ello establece que para el año 2050 ya no se producirá ni un solo kWh en energía nuclear.

En la FIGURA N°2 se detalla la evolución creciente que ha tenido el uso de la energía fotovoltaica entre 1970 y 2010, el porcentaje de utilización de cada uno de los tipos de obtención de en energía eléctrica en Alemania.

FIGURA N°2
EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN ALEMANIA



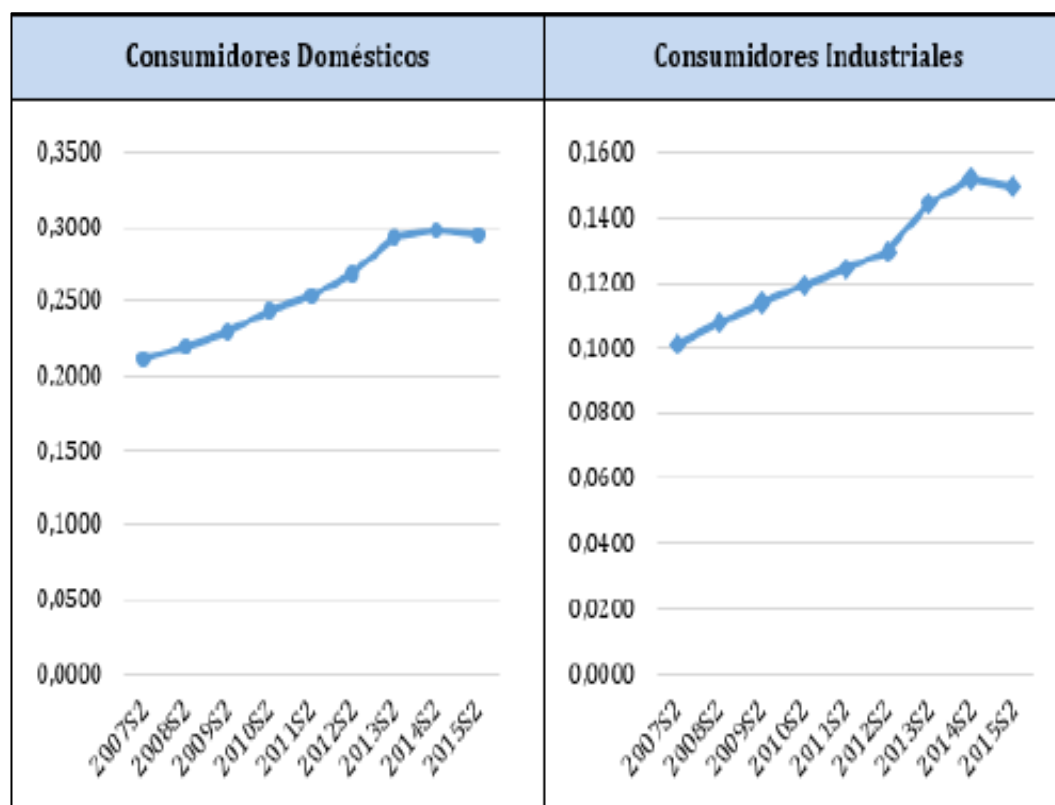
Fuente: La transición energética en Alemania, 2016.

Elaborado por: Eloy Álvarez Pelegry.

El costo de electricidad en Alemania ha tenido cambios considerables, ya que la producción de energía eléctrica en diversas formas de utilización energética, generan variaciones en el coste de kW/h.

En la FIGURA N°3 se aprecia el costo energía eléctrica de consumidores domésticos y consumidores industriales para el año 2015 el precio de la energía eléctrica se estima en 0.14€/kWh para las industrias en cuanto al pago del uso doméstico es de 0.28€/kWh. (Pelegry, 2016)

FIGURA N°3
EVOLUCIÓN DEL PRECIO DE ELECTRICIDAD EN ALEMANIA



Fuente: La transición energética en Alemania, 2016.
 Elaborado por: Eloy Álvarez Pelegry.

2.1.2 Energía Solar en España

En España como en otras naciones europeas el uso de sistemas fotovoltaicos está siendo considerado como otra forma de obtención de energía eléctrica, ya que su implementación favorece al medio ambiente.

El porcentaje de utilización de la energía fotovoltaica a finales del 2016 según el Sistema Eléctrico Español (REE) la fotovoltaica cubrió el 3% de la generación producida por la energía solar, como se detalla en la FIGURA N°4. (Instituto de Energía Solar, 2017)

En cuanto a la potencia consumida en España producida por los sistemas fotovoltaicos el REE proporciona dos datos: la potencia producida en AC y en DC. La potencia total de bombeo en el 2016 se estimó en un

5,4 GW medidos en DC y en cuanto a AC la potencia estimada es de 4,4 GW.

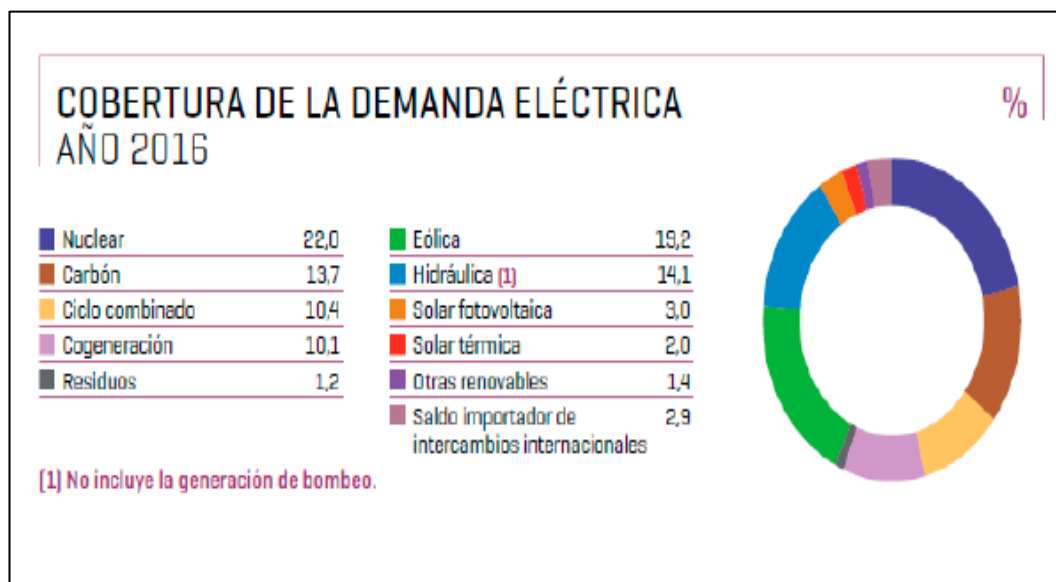
El desarrollo de la energía fotovoltaica es favorable ya que existen leyes que se rigen para la autogeneración de energía eléctrica y con ello obtener retribución por la venta del kWh. Algunas de las normas vigentes para las instalaciones fotovoltaicas son las siguientes:

RD 2818/1998 trata de la producción de energía eléctrica a base de fuentes de energía renovables.

RD 436/2004 establece el régimen jurídico y económico para la producción de energía eléctrica.

RD 661/2007 establece una revisión en el régimen tarifario por kWh en la producción de energía eléctrica.

FIGURA Nº4
DEMANDA ELÉCTRICA EN ESPAÑA



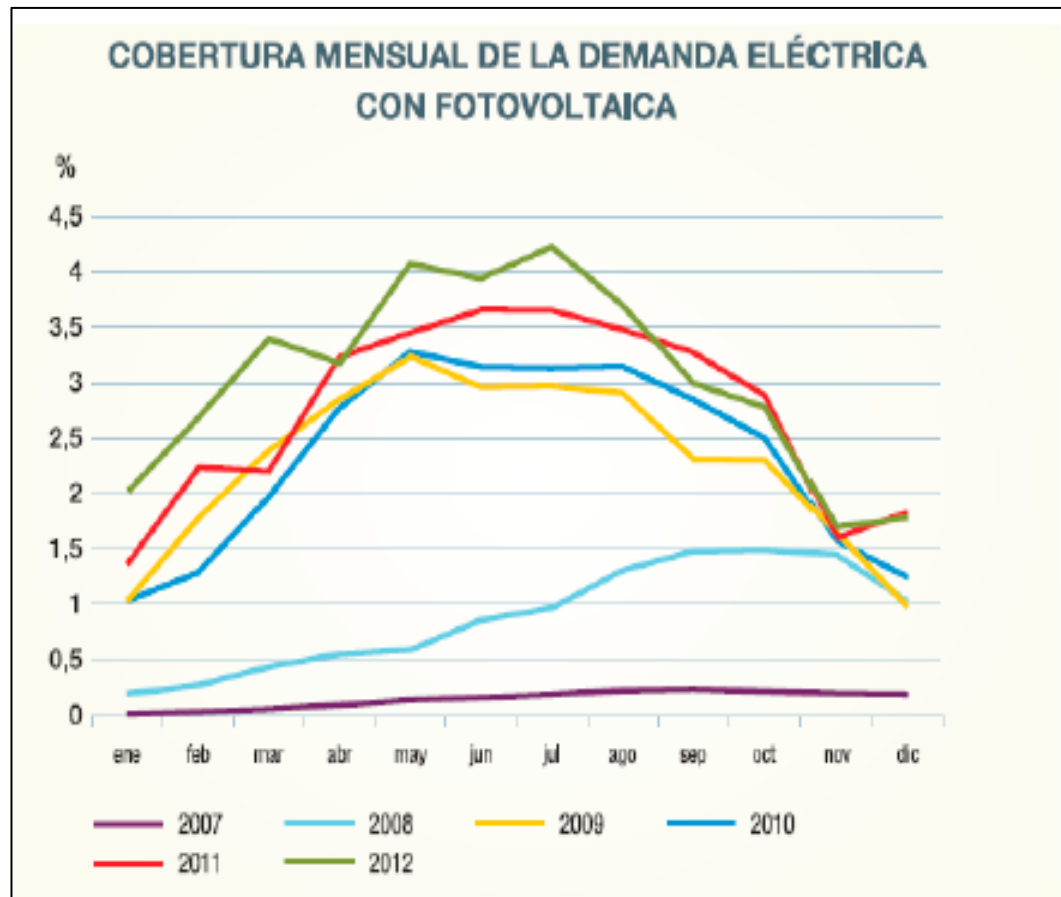
Fuente: Informe REE, avance 2016.

Elaborado por: Instituto de Energía Solar.

El crecimiento que ha tenido el uso de la energía solar en España ha tomado grandes avances en esta tecnología el REE proporciona un

gráfico donde incluye el uso de la energía fotovoltaica desde el año 2007 mostrando el consumo energético en la estación de verano.

FIGURA Nº5
COBERTURA FOTOVOLTAICA EN ESPAÑA



Fuente: Informe anual UNEF, 2013.

Elaborado por: Instituto de Energía Solar.

El tiempo de retorno aplicando este tipo de tecnología en las instalaciones eléctricas en España está estimado entre 1,5 y 3,5 años para recuperar la inversión que ha sido empleada para su fabricación.

Y el coste que estima según el Levelized Cost of Electricity por sus siglas en ingles LCOE para las instalaciones de plantas fotovoltaicas esta alrededor del 0.04-0.07 €/kWh. Es por esta razón el precio Kw/h ya compite con las otras fuentes de generación de energía tradicionales. (Levelized Cost of Energy Analysis 10.0, 2016)

2.1.3 Energía Solar en Canadá

Canadá produce el 66% de su electricidad mediante energías renovables entre las que se destacan: la energía eólica con un 20% de la producción energética, la captación de energía eléctrica a base de biomasa es del 2% y solamente el 0,5% de energía solar es producida anualmente en Canadá.

En la actualidad Canadá posee la mayor instalación fotovoltaica del mundo 950 hectáreas con 1.3 millones de paneles solares generando 120,000 MWh anualmente que permite abastecer de energía eléctrica a los 80.000 habitantes; convirtiendo a esta planta fotovoltaica aprovechable como la fuente de energía fotovoltaica más grande del planeta. (Piacente, 2011).

FIGURA N°6
COBERTURA FOTOVOLTAICA EN CANADÁ



Fuente: El mercado de la energía renovable en Canadá.
Elaborado por: Cristina Dordas.

Canadá está adoptando en un futuro por el uso de otras energías renovables como la energía eólica marina existiendo actualmente una planta generando un 20% de energía eléctrica y la energía geotérmica.

2.2 Marco teórico

Cuando se habla de temas referentes a instalaciones eléctricas convencionales o las instalaciones de sistemas fotovoltaicos siempre surgen términos relacionados a la energía, por ello se desglosa un conjunto de conceptos afines al proyecto estudiado.

2.2.1 Generación Solar

Al tratar de generación solar existen tres formas de producir la energía proveniente del sol: la primera se usa como fuente de calor para sistemas solares térmicos, la segunda se usa para generar calor de forma pasiva y la tercera forma para la producción de generación solar es para los sistemas fotovoltaicos donde las celdas o células solares contenidas en los paneles solares convierten la energía captada del sol es decir los fotones en energía eléctrica mejor conocidos como electrones.

2.2.1.1 Sistema de Generación Solar

Para poder obtener energía eléctrica luego de un proceso de transformación de la energía solar se requiere conocer los elementos del cual está compuesto el sistema.

Panel fotovoltaico: Convierte la energía solar (fotones) en energía eléctrica (electrones).

Regulador de carga: Permite proteger al panel solar como a la carga regulando las sobrecargas que lleguen a existir en el sistema.

Inversor de corriente: El inversor convierte la corriente continua (DC) en corriente alterna (AC) para poder utilizarlo dentro del hogar, la oficina o edificios ya que la corriente alterna permite el funcionamiento de cualquier aparato eléctrico. La función del inversor dentro del panel solar es cambiar el voltaje de entrada DC a un voltaje equilibrado en la salida AC.

2.2.1.2 Paneles Solares

La eficiencia de los paneles solares va de la mano con la pureza del silicio, pero los procesos para aumentar la pureza tienen un alto costo en su fabricación. El panel solar o célula solar está compuesta por celdas fotovoltaicas descrita a continuación:

Celda Fotovoltaica

Es el elemento que transforma la luz proveniente del sol es decir el fotón en electricidad. El silicio cristalino es la base de las celdas monocristalinas y policristalinas, se describen a continuación cada tipo de celda cristalina.

Celda Monocristalina

La celda monocristalina tiene una estructura cristalina ordenada, cada átomo se encuentra situados idealmente con un comportamiento predecible y uniforme. Las celdas monocristalinas se fabrican de forma circular en bloques de silicio, esto permite que su reconocimiento sea fácil por su coloración y aspecto uniforme, indicando un alto índice de pureza en silicio.

La eficiencia producida de estas celdas monocristalinas han llegado hasta el 24,7% para usos en laboratorios y a un 16% para uso comercial. Los paneles contruidos con este tipo de tecnología son los más

desarrollados del mercado, teniendo una garantía de uso de hasta unos 25 años.

Se puede observar la FIGURA N°7 la característica principal de la celda monocristalina son las esquinas redondeadas para optimizar el rendimiento y reducir los costes de cada celda.

FIGURA N°7
PANEL SOLAR DE SILICIO MONOCRISTALINO



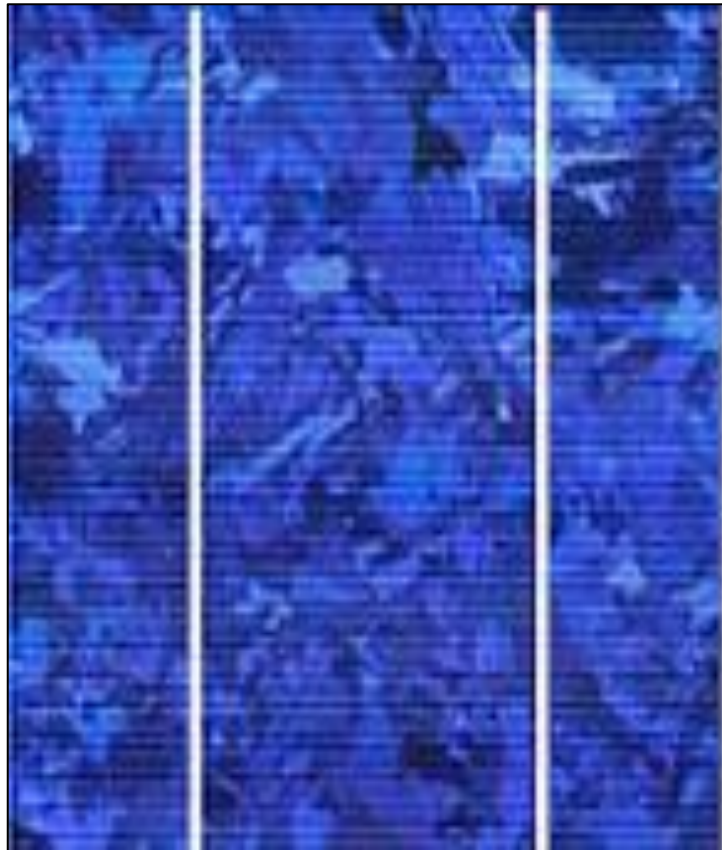
Fuente: www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/
Elaborado por: Energías Renovables

Silicio Policristalino

Las celdas policristalinas son desarrolladas después de un proceso de moldeo, donde cada celda tiene partículas cristalizadas de silicio. Pero este tipo de celda no es tan efectivo, ya que al tratarse de un proceso de moldeo queda imperfecciones en su fabricación. Las celdas policristalinas son fabricadas en forma cuadrada.

La efectividad de las celdas policristalinas llega a un 20% para uso de laboratorios, referente a la efectividad para el uso comercial alcanza el 14%. A diferencia de las celdas monocristalinas, para lograr una mayor efectividad en las celdas policristalinas se basa a su peso, grosor y coste.

FIGURA N° 8
PANEL SOLAR DE SILICIO POLICRISTALINO

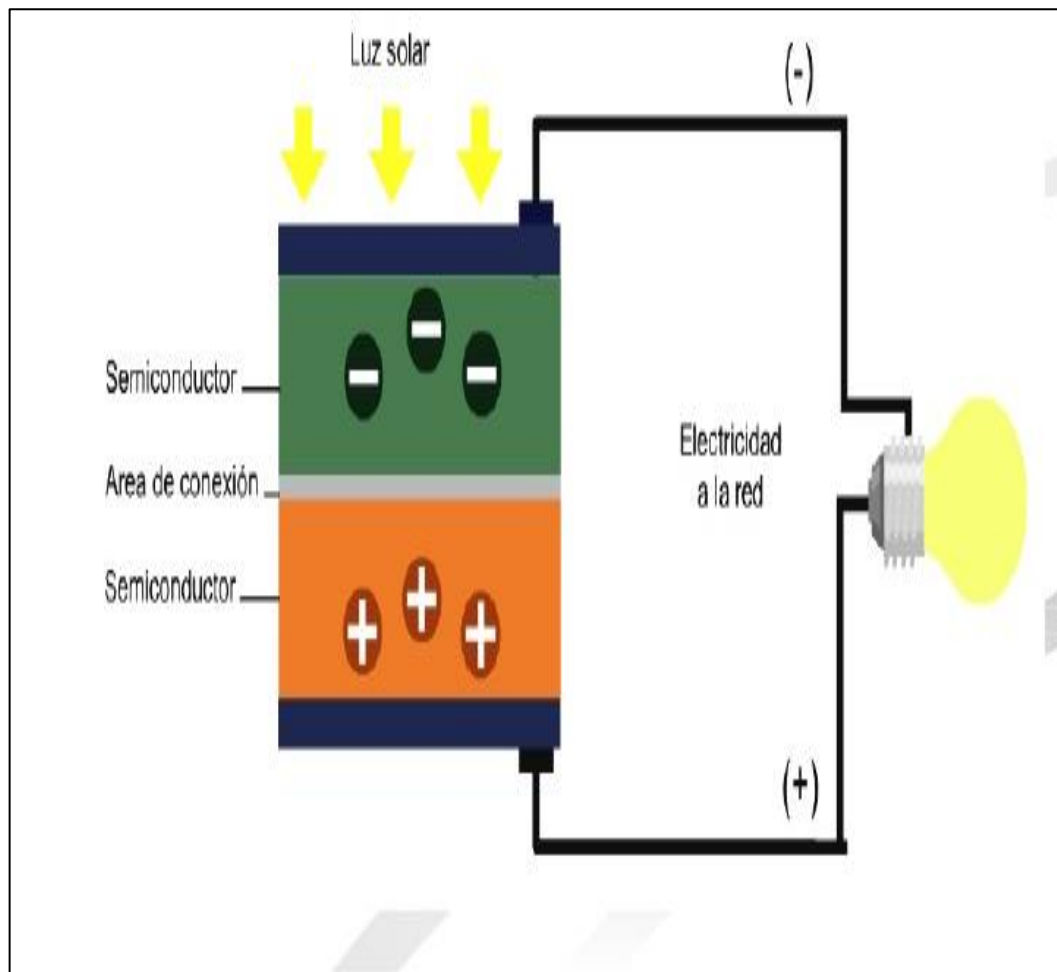


Fuente: Plan solar San Juan.
Elaborado por: Jorge Ignacio Andreotti.

2.2.2 FUNCIONAMIENTO DE UN PANEL FOTOVOLTAICO

El principio de funcionamiento de los paneles solares está basado en el efecto fotovoltaico descubierto por Albert Einstein, o también llamado efecto fotoeléctrico mediante la atracción de fotones descendientes de la luz solar, los cuales inciden con una cierta cantidad de energía en la superficie del panel, esta interacción provoca la liberación de los electrones en los átomos de silicio, fragmentando y traspasando la barrera de potencial de la capa semiconductora. Esto genera una diferencia de potencial en la capa N con respecto a la P. Luego si se conecta una carga eléctrica o elemento de consumo entre los terminales del panel se iniciará una circulación de corriente continua. (Principio de funcionamiento de paneles solares, 2017)

FIGURA N°9
EFEECTO FOTOVOLTAICO



Fuente: Efecto fotovoltaico de un panel solar
Elaborado por: Eliseo Sebastián

El nivel de energía proporcionado por un panel fotovoltaico depende de lo siguiente:

- Tipo de panel y área del mismo
- Nivel de radiación e insolación
- Longitud de onda de la luz solar

Una celda fotovoltaica común de silicio monocristalino de 100 cm² de superficie, puede producir aproximadamente 1.5 Watt de energía, a 0.5 volt (CC) y 3 amperes bajo condiciones óptimas (luz solar en pleno verano a una radiación de 1000W/m²). La energía suministrada por la celda es proporcionalmente directa al nivel de radiación solar. La cantidad de

electricidad que puede producir un panel solar fotovoltaico durante el funcionamiento está dada en relación con la potencia pico que se especifica en su fabricación.

2.2.3 Tipos de sistemas fotovoltaicos

La utilización de sistemas auxiliares, como, baterías, inversores o reguladores, han permitido ampliar el territorio de aplicación de estos sistemas, porque se conoce que los paneles fotovoltaicos conceden por sí solos corriente continua, lo cual imposibilita su utilización directa en sistemas que funcionen en base a corriente alterna.

Las instalaciones fotovoltaicas se pueden dividir en dos tipos, según el plan que se requiera utilizar para su proceso.

La primera clase esta correspondida a las instalaciones aisladas de la red eléctrica, las cuales efectúan el cargo de satisfacer total o parcialmente los requerimientos de energía eléctrica de viviendas o localidades que no cuentan con la prestación de servicio eléctrico de alguna compañía.

El segundo tipo corresponde a las instalaciones conectadas a la red eléctrica y tienen por objetivo reducir el consumo de energía eléctrica convencional (de la red), optando por satisfacer la demanda de la utilización energética por medio del sistema fotovoltaico y si es posible, entregar a la red eléctrica pública parte de la energía producida y que no se ocupa en el lugar de la instalación.

2.2.3.1 Sistema On-grid

Las instalaciones on grid o con conexión a la red sin baterías, son aquellas que se encuentra permanentemente conectado a la red eléctrica,

de tal forma que, en periodos de irradiación solar, sea el sistema fotovoltaico quien conceda energía, mientras que, en periodos de radiación limitada o nula, sea la red eléctrica quien entregue la electricidad necesaria para satisfacer la demanda.

Si llega el caso en el cual la energía generada por el sistema fotovoltaico sobrepasa la demanda total del sistema, se distribuye a la red eléctrica la cual aceptará todo excedente de energía que no sea utilizado en la planta fotovoltaica.

Los componentes que constituyen parte de este tipo de instalación son: el panel fotovoltaico, el inversor de corriente para convertir la corriente continua en corriente alterna y un contador que permita contabilizar la energía producida por el sistema.

Para poner en marcha una instalación fotovoltaica de este tipo se requiere contar con un punto de acceso a la red eléctrica, que permitirá entregar la energía generada, este punto de acceso es asignado por la compañía eléctrica del sector donde se realice la instalación, ellos también se encargan de la instalación referente a la red de tensión eléctrica en la cual se conectara el sistema, ya sea en la alta o media tensión.

Se conoce que estas instalaciones están permanentemente conectadas a la red eléctrica, por lo cual no necesitan de sistemas de conversión y almacenamiento como en el caso de las aisladas, también sería posible utilizarlas como los sistemas aislados, esto en el caso de que sea una instalación pequeña que desee cubrir la energía faltante con la red eléctrica.

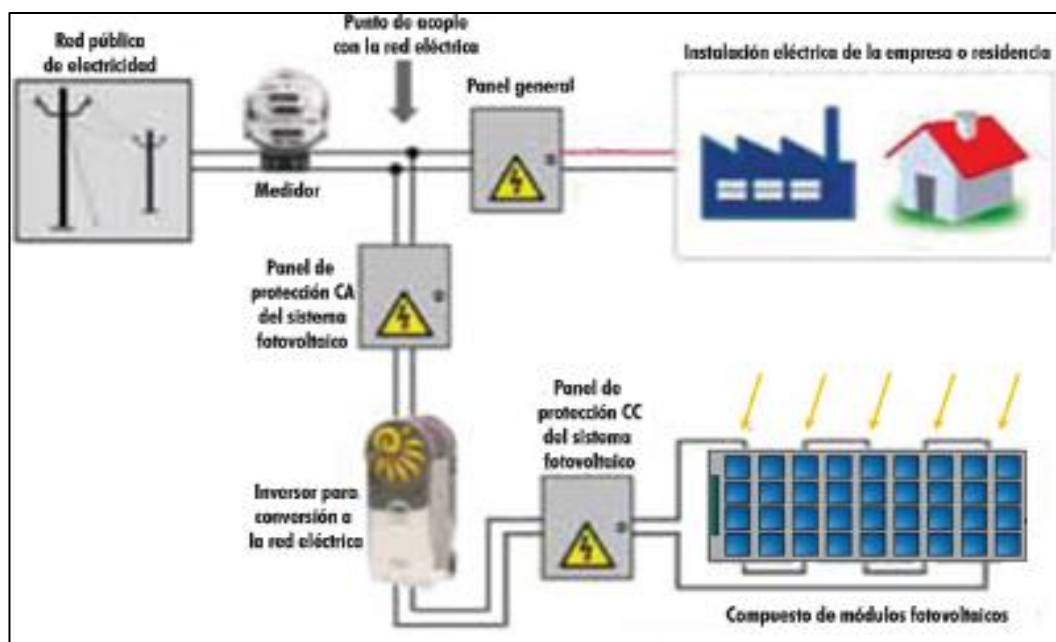
En los sistemas con conexiones a la red eléctrica, el tamaño de la instalación es independiente del consumo que tiene la edificación, por ello favorece en gran tamaño a la medida del diseño. La FIGURA N°10 detalla

el proceso de funcionamiento de una instalación fotovoltaica conectada a la red eléctrica.

La energía captada por el sol es absorbida por los paneles solares en el panel de protección de corriente CC, luego esta energía es transformada en AC por el inversor que cumple esta función de convertir los 12V proporcionados por el panel a 220 V, luego llega al punto de acople donde una parte de esa energía es utilizada en el edificio según la potencia que se necesite para cubrir la necesidad de alimentación de energía, mientras que el resto de energía eléctrica es redistribuida al sistema eléctrico convencional, que dependiendo del país, los watts excedentes tendrán una retribución económica, según la ley vigente y el coste del kWh.

FIGURA N°10

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A LA RED ELÉCTRICA



Fuente: Sistemas conectados a la red eléctrica
Elaborado por: Ing. Juárez Guerra de Finder

2.2.3.1.1 Rentabilidad del sistema on grid

Para obtener la rentabilidad que ofrece un sistema de distribución eléctrica se debe detallar el costo por la instalación del sistema.

Lo primero que se debe realizar es determinar la producción de energía eléctrica en función de las horas del sol para sacar la potencia total a instalar. A este valor se multiplica por la contribución que sea asignado a la distribución con la empresa eléctrica.

Finalmente se detalla los ingresos que tendrá la planta fotovoltaica (venta y recuperación de inversión), y los egresos que constan de la inversión inicial, gastos por mantenimiento y seguro de equipos, así mismo por gasto de periodo administrativo y financiero. A partir de los datos obtenidos se determina el plazo de recupero y TIR de la inversión.

En los países en proceso de desarrollo, los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica siguen siendo todavía una opción muy costosa debido a los elevados subsidios que reciben la generación y distribución eléctrica; lo que limita su desarrollo.

2.2.3.2 Sistema Off-grid

El sistema fotovoltaico off grid o sistemas aislados a la red eléctrica son aquellas que se utilizan en sectores alejados, que no tienen acceso a la red eléctrica, generalmente sectores rurales, iluminación de áreas aisladas, antenas de comunicaciones, balizas o boyas de señalización, bombeo de agua, etc.

Los sistemas con este tipo de instalación van acompañados de inversores de corriente continua, que convierten la corriente continua en corriente alterna para su respectiva utilización en los equipos electrónicos, reguladores de voltaje y bancos de baterías que permiten almacenar la energía que no se está consumiendo para utilizarlas en el horario donde no se produce energía eléctrica.

Las instalaciones aisladas de la red dan lugar a dos tipos de

suministros según sea el tipo de distribución.

El sistema centralizado

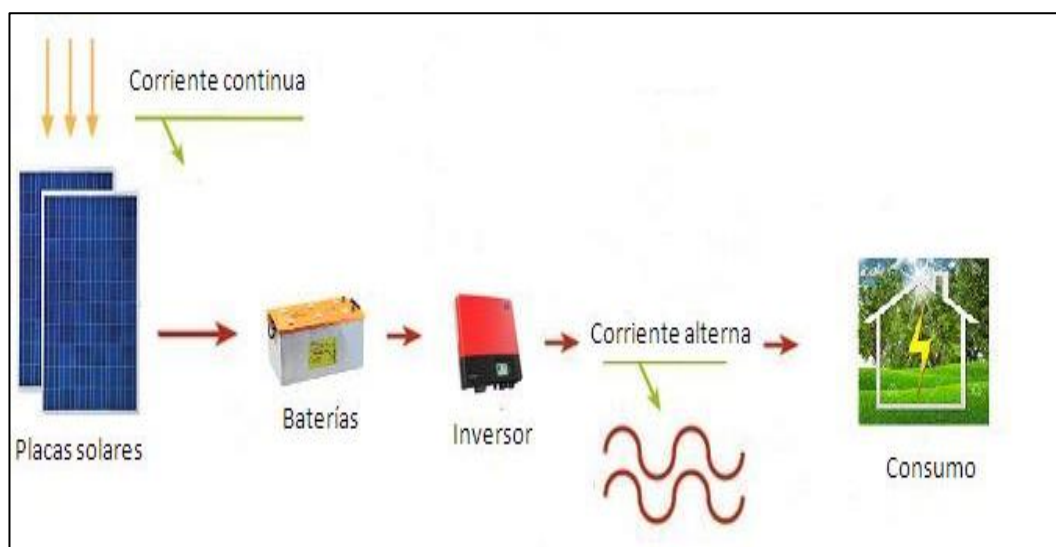
Consiste en un único sistema que cubre las necesidades del conjunto de usuarios. De esta forma se disminuyen los costos del sistema, sin afectar la calidad del suministro. Es decir, su función será suplir de energía eléctrica al edificio o casa cuando los paneles solares no estén produciendo energía sino consumiéndola un claro ejemplo es por la noche.

El sistema descentralizado

Al contrario del sistema centralizado, en este caso se instala individualmente el sistema completo en la vivienda o lugar a energizar. Los costos en este tipo de instalaciones son más altos. Ejemplo de sistemas descentralizados, zonas rurales sin acceso a la red eléctrica, islas habitadas las cuales es imposible acceder por cableado eléctrico y zonas alejadas a las grandes ciudades.

FIGURA N°11

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA DE LA RED ELÉCTRICA



Fuente: <http://www.ecosistemasdelsureste.com/news/diferencias-entre-instalacion-solar-fotovoltaica-aislada-y-de-autoconsumo/>

Elaborado por: Ecosistemas del sureste C.B.

2.2.4 Ventajas de las Instalaciones Fotovoltaicas

Las ventajas que ofrece una instalación fotovoltaica tanto on grid como off grid es de carácter responsable al medio ambiente, adaptable, durable y fiable en la utilización de un sistema fotovoltaico como medio de obtención de energía eléctrica tanto conectada a la red con respaldo de batería y sin conexión a la red eléctrica.

Se describen a continuación las características más importantes en una instalación fotovoltaica:

2.2.4.2 Sistemas modulares

Las instalaciones fotovoltaicas son modulares debido a la flexibilidad que cuentan para adaptarse a los distintos tipos de aplicaciones que se pueden emplear para los paneles fotovoltaicos, además que la instalación de este tipo de energía es físicamente sencilla. Son de fácil adaptabilidad porque se pueden integrar a estructuras existentes como en las edificaciones ya construidas.

2.2.4.3 Larga duración

La vida útil de un sistema fotovoltaico es considerada en cuanto a sus componentes, por ello el módulo fotovoltaico es el que establece la duración de esta planta solar, la vida útil de este elemento es alrededor del 50% de toda la instalación fotovoltaica, se considera al menos 40 años de utilización para los módulos debidamente cuidados y un mantenimiento apropiado.

Los demás componentes como el inversor, medidor, así como los elementos auxiliares cableado, canalización, cajas de conexión, etc., tienen una vida útil como todos los equipos electrónicos que se adaptan a la

instalación del generador fotovoltaico.

2.2.4.4 Mantenimiento

El mantenimiento de una planta fotovoltaica es mínimo debido a que no requieren estar en constante limpieza, se recomienda hacer la limpieza de los paneles generalmente en la noche para evitar tensiones en los generadores, para que en el día se aproveche su máxima captación de energía solar. También con referencia a costo el mantenimiento de una planta fotovoltaica es mínima porque no requiere de tantos materiales para ejecutarlo.

2.2.4.5 Fiabilidad

Una instalación fotovoltaica ofrece alto contenido de fiabilidad, así como una alta disponibilidad porque al ser un sistema autónomo no depende de otros elementos para su ejecución, una planta solar tiene un nivel de fiabilidad del 95% en toda su vida útil. El costo de operación de una planta fotovoltaica es de bajo costo.

2.2.4.6 Medio ambiente

La instalación de plantas fotovoltaicas en cualquier parte del mundo contribuye a la reducción de las emisiones del CO₂ tanto en el sistema on grid como en el sistema off grid, ya que no requiere ningún tipo de proceso para la generación de energía, sino que la capta directamente del sol, como es el caso de la energía convencional que necesita de elementos contaminantes para generar energía.

Como procede de una fuente de energía renovable sus recursos son ilimitados, porque no dependen de un proceso de contaminación ambiental para la producción de energía eléctrica.

2.2.5 Inconvenientes de las Instalaciones Fotovoltaicas

Para suplir los sistemas convencionales de energía eléctrica es necesario superar ciertos inconvenientes que se presentan a la hora de instalar un sistema fotovoltaico.

2.2.5.2 Costo

A nivel económico una planta de tipo solar aún no está al alcance de toda la sociedad debido al coste de fabricación y precio de una instalación solar.

El costo por instalación fotovoltaica es alto en su inversión inicial. Se debe otorgar financiamiento de parte de las empresas fabricantes de paneles solares siendo el objetivo final obtener un ahorro significativo en cuanto al uso de energía eléctrica y favorecer al medio ambiente mediante este tipo de instalación.

2.2.5.3 Estética

Desde el punto de vista estético se requiere integrar los elementos fotovoltaicos desde la construcción del diseño para obtener una visión aceptable del mismo.

Cuando se realiza una instalación fotovoltaica requiere de grandes espacios de terreno para colocar todos los elementos que son necesarios para la producción de energía eléctrica.

2.2.6 Equipos Necesarios para una Instalación Fotovoltaica

Se detallan a continuación cada uno de los componentes que son requeridos para una instalación fotovoltaica tanto sistema on grid, como en

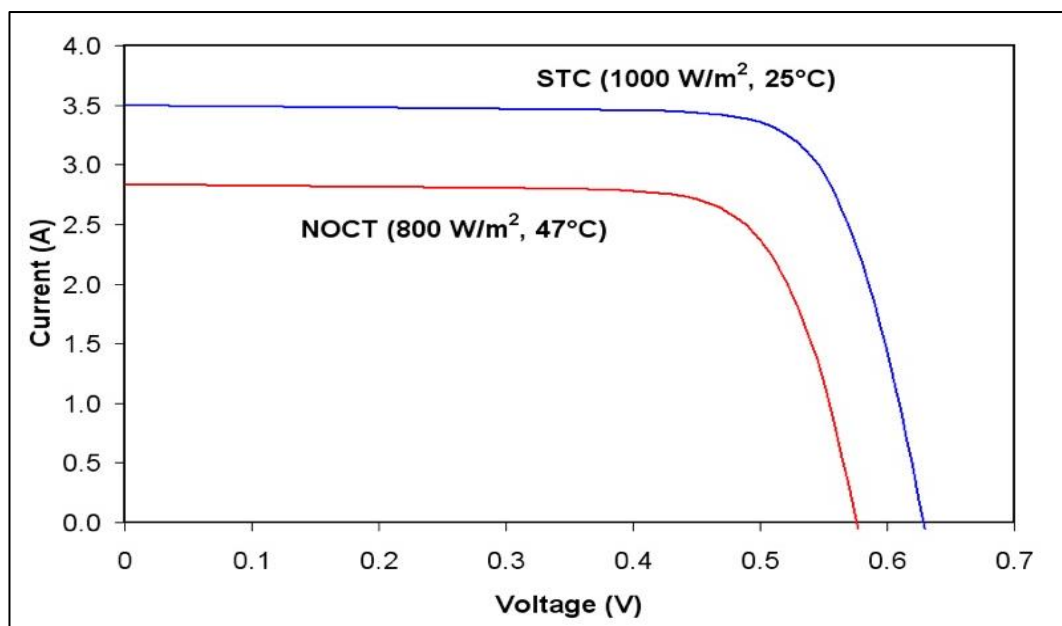
los sistemas off grid. Usados como medio de obtención de energía solar para transformarla a energía eléctrica.

2.2.6.1 Paneles fotovoltaicos

Como se ha mencionado anteriormente, el panel solar es el encargado de transformar la energía proveniente del sol (fotones), en energía eléctrica (electrones). Se detalla que una celda solar produce la potencia pico a condiciones óptimas tanto de luz solar de 1000W/m^2 como temperatura en 25° datos tomados de los fabricantes de paneles solares.

La figura N°12 detalla el rendimiento real por cada celda solar con respecto a los datos proporcionados por el fabricante mostrando la corriente y el voltaje que trabaja en cada caso. Pero en realidad una celda solar trabaja en condiciones de 800W/m^2 a 47° por el proceso de fabricación, la adaptación a la temperatura hace que una celda solar pierda sus propiedades en condiciones aceptables.

FIGURA N°12
RENDIMIENTO DE UNA CELDA SOLAR



Fuente: <http://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/panel-solar-cristalino>
Elaborado por: Paneles Solares de Silicio

La tecnología más utilizada en la construcción de paneles solares es la de silicio cristalino. Para instalaciones que demanden una gran cantidad de energía, se debe realizar una interconexión de paneles tanto en serie como en paralelo a fin de lograr la potencia requerida.

2.2.6.2 Regulador

Es el encargado de controlar el ciclo de carga y descarga del banco de baterías de ciclo profundo, además son las encargadas de proteger el equipo en caso de una sobrecarga o descarga excesiva hasta su máxima utilización. Una sobrecarga es capaz de reducir la vida útil de la batería generando el riesgo de explosión o incendio de la batería causando daño al resto de la planta fotovoltaica.

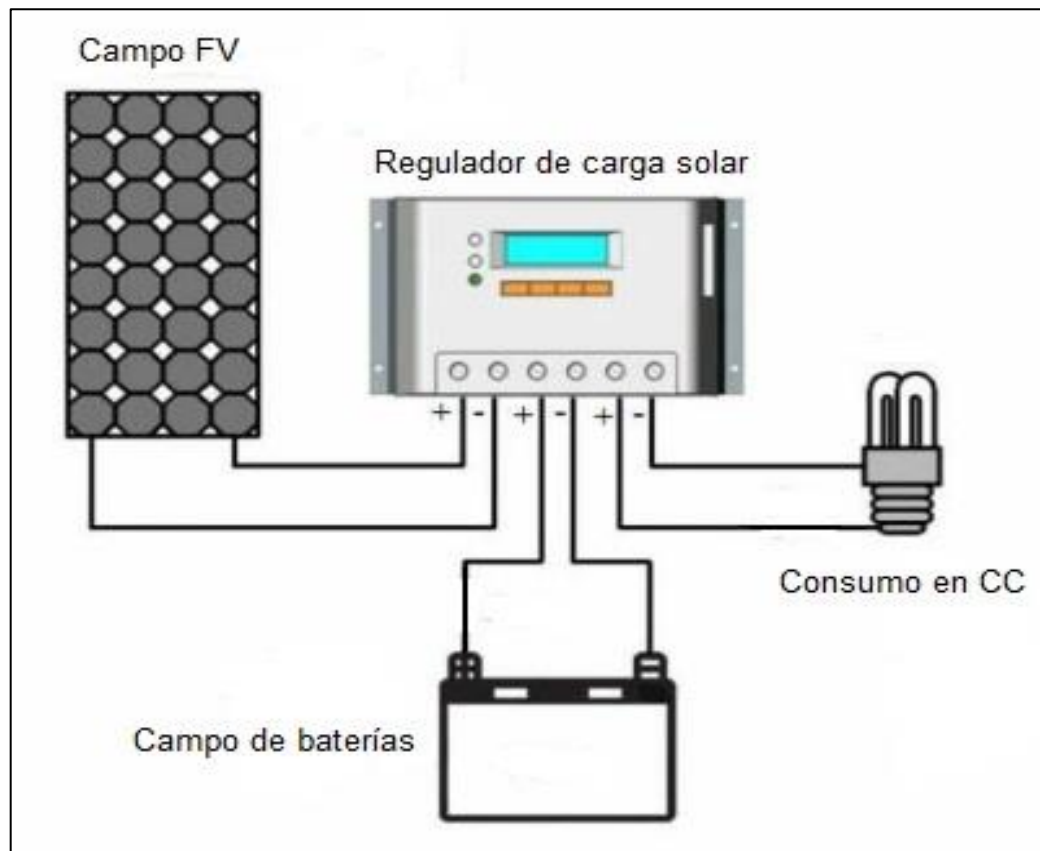
Controla la carga de la batería evitando que se produzcan sobrecargas o descargas excesivas, que disminuyen la vida útil del acumulador.

Puede incorporar un sistema de seguimiento del punto de máxima potencia, que es un dispositivo que aumenta el rendimiento de la instalación.

Para la protección de las baterías, el regulador se encarga de cerrar de forma automática el flujo de corriente eléctrica desde y hacia las baterías, o bien emitiendo una señal visible o sonora.

El conjunto de paneles solares puede ser aislado por completo o en forma parcial de las baterías sin perjudicar al sistema. Conforme las baterías van alcanzando su nivel de carga máxima, el regulador desconecta gradualmente el flujo de corriente desde los paneles hacia las baterías evitando así el paso de los fotones para evitar causar daño a todo el sistema.

FIGURA N°13
REGULADOR DE CARGA



Fuente: <https://www.monsolar.com/blog/que-es-y-que-hace-un-regulador-de-carga-solar/>
Elaborado por: Monsolar

2.2.6.3 Baterías de ciclo profundo

Se encargan de almacenar la energía eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos y están diseñadas para soportar los constantes procesos de carga y descarga, en base a un proceso electroquímico de oxidación/reducción por ello se debe el nombre batería de ciclo profundo porque su nivel máximo de consumo llega hasta el 60% de su utilización una vez pasado ese límite la batería tendrá que ser cambiada.

Una batería de ciclo profundo, en su estado máximo de carga, provee de energía eléctrica durante 20 horas continuas sin interrupción. El ciclo corresponde al tiempo que tarda la batería en descargarse a sus niveles mínimos y luego volver a cargarse al 100% de su capacidad.

2.2.6.4 Inversor

Los inversores estáticos utilizan, para efectuar la conmutación, dispositivos semiconductores de potencia, los cuales funcionan únicamente de dos modos: modo corte (off) y modo saturación (on). Por ello, la señal alterna de salida que se obtiene es cuadrada. (SunFields Europe)

FIGURA N°14
INVERSOR

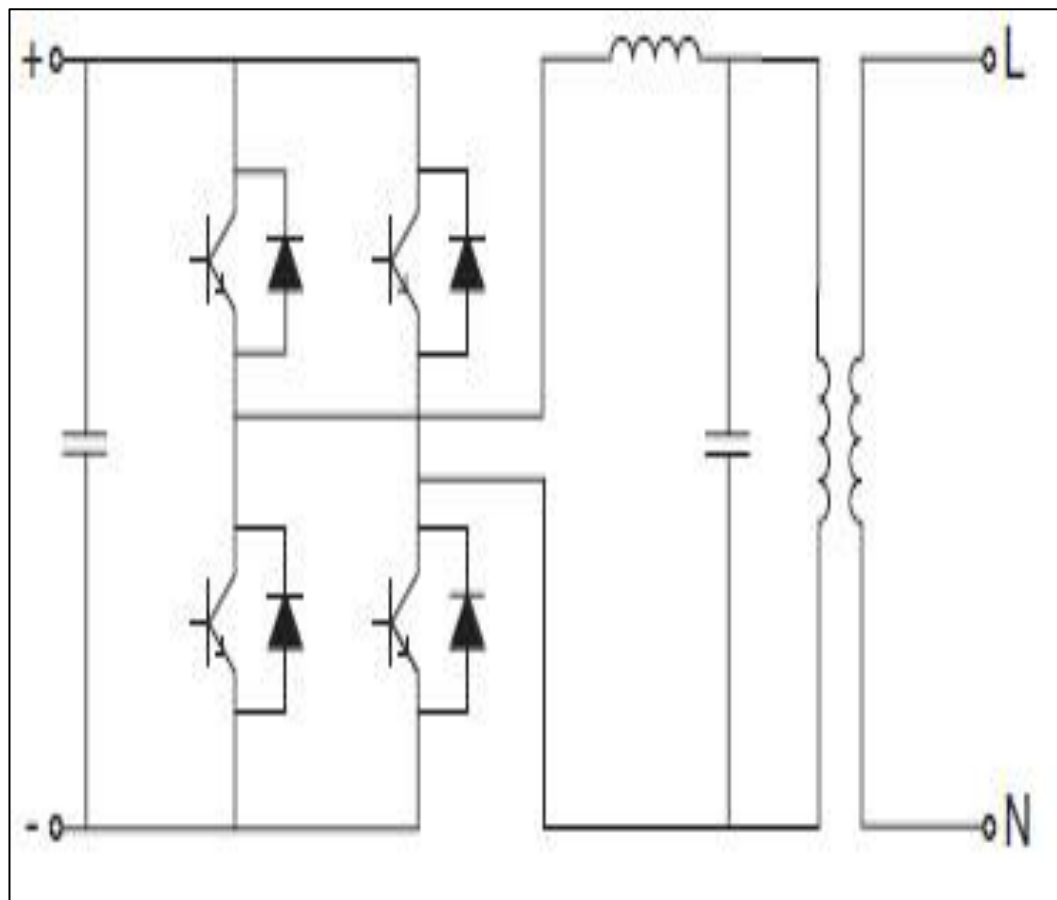


Fuente: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/equipos-solares-ondulador-o-inversor-fotovoltaico/>
Elaborado por: Sun Fields

Transforma la corriente continua de baja tensión (12, 24, 32, 36 o 48 v) generada por las placas fotovoltaicas y la acumulada en las baterías, a corriente alterna de una magnitud y frecuencia necesaria, en este caso se trabaja con un corriente de 220 Volts. Esto es necesario para poder utilizar los equipos eléctricos de corriente alterna.

La FIGURA N°15 muestra el esquema de conexión de un inversor. Los transistores, utilizados como conmutadores estáticos, se controlan mediante una señal de apertura-cierre que en su forma más simple proporcionaría una onda de salida cuadrada.

FIGURA N°15
ESQUEMA FUNCIONAMIENTO DEL INVERSOR MONOFÁSICO



Fuente: <http://renewablengineering.blogspot.com/2012/02/seleccion-de-inversor-i.html>
 Elaborado por: Engineering

2.2.6.4.1 Etapas del inversor

Para transformar la energía solar que es absorbida por los paneles solares con un voltaje hasta los 48 V en corriente continua, el inversor realiza varias etapas para transformar la energía y convertirla en energía para utilizar cada equipo electrónico que funciona a los 220 V.

Etapas Osciladora

Encargado de generar los pulsos a una frecuencia similar a la frecuencia de la red eléctrica donde será conectado, se aplica a 60 Hz, o ciclos por segundo.

Etapla Amplificadora

Está formada por transistores que cumplen la función de amplificar la señal pulsante de la etapa osciladora, a un nivel suficiente para excitar a la sección elevadora de voltaje.

Etapla elevadora de Voltaje

Un transformador de voltaje se encarga de elevar la tensión a 220 volt para el presente caso, para que de esta forma se puedan conectar artefactos eléctricos que trabajen a 220 volt y 60 Hz. A la salida se obtiene una señal sinusoidal de características casi similares a la de la red eléctrica.

2.2.7 Orientación de los paneles fotovoltaicos para el aprovechamiento de la energía solar

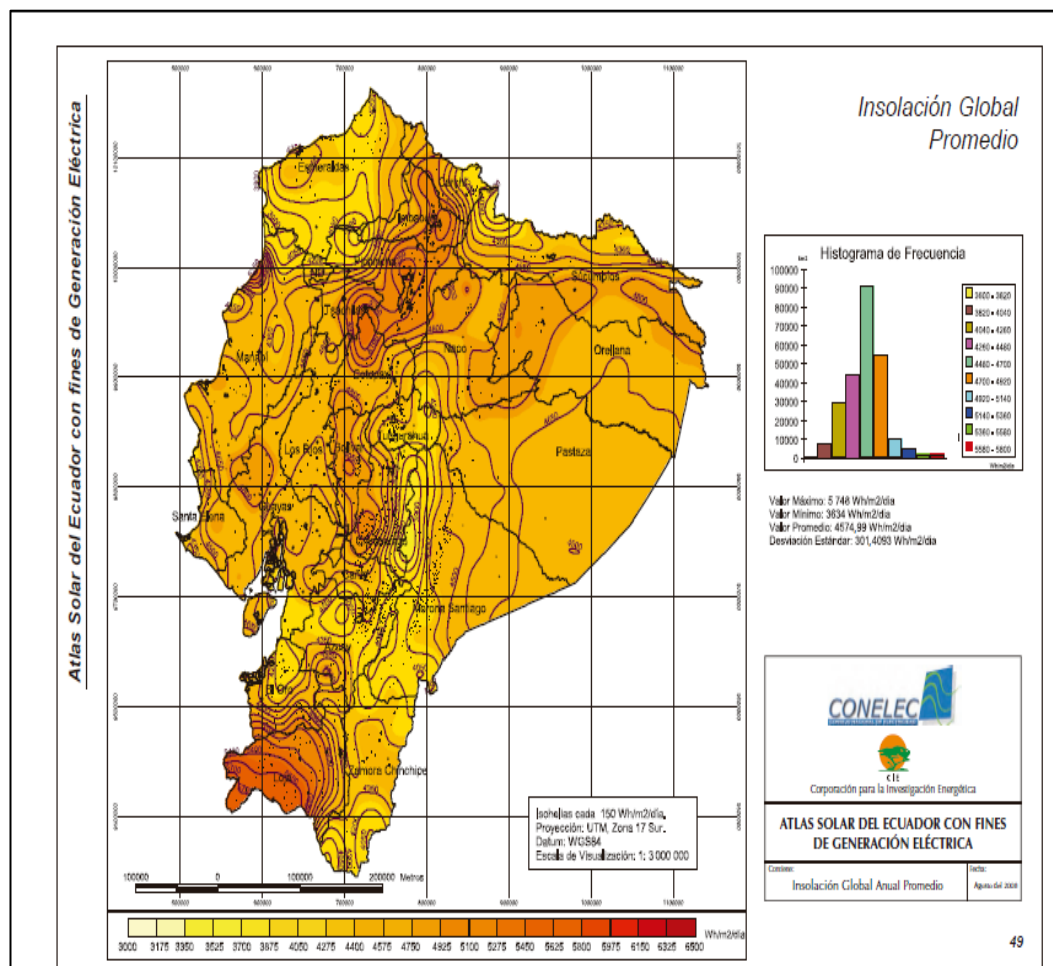
Los paneles solares fotovoltaicos establecen su funcionamiento en la luz y energía proveniente del sol, la energía eléctrica entregada será proporcional a la cantidad de luz que reciban sobre su superficie captadora. Es por esto que mientras mayor sea la energía irradiada sobre el panel, mayor será la cantidad de energía eléctrica que se obtenga a su salida.

En nuestro país, ya se ha realizado un estudio de la radiación solar en nuestra región, estimando los valores que produce la radiación solar directa como la radiación difusa y realizando un promedio entre ambos datos tomados dando como resultado la radiación promedio mensual.

Los datos representan la energía solar promedio mensual y anual de los valores diarios la insolación total (Directa y difusa) e insolación global sobre una superficie horizontal y contiene los promedios mensuales (dentro del período mencionado) de cada una de ellas, expresados en Wh/m²/día. La radiación solar que existe en Ecuador se muestra a continuación

obtenida del Atlas Solar del Ecuador con fines de generación eléctrica.
(CONELEC, 2008)

FIGURA N°16
INSOLACIÓN GLOBAL ANUAL PROMEDIO



Fuente: Atlas Solar para la Generación Eléctrica.
Elaborado por: Corporación para la Investigación Energética.

La FIGURAN°16 representa una estimación que en Guayaquil oscila la radiación solar en 4575 Wh/m²/día factible para el uso de los sistemas fotovoltaicos para la generación de energía a base de la luz solar es decir es factible por el motivo de que nuestro país se encuentra en la zona perpendicular al sol, por ello el panel es instalado casi en forma horizontal al plano de la tierra.

Las mejores condiciones de funcionamiento para un panel fotovoltaico estarán dadas en días despejados, con alto nivel de irradiación

directa, con la superficie captadora perpendicular al sol, sin objetos que se interpongan en la trayectoria de la luz (sombras de árboles, edificios, suciedad del panel, etc.) y con amplios periodos de insolación. La respuesta o cantidad de energía entregada por el panel dependerá directamente de la eficiencia del mismo, lo cual a su vez depende de la tecnología con que fue construido.

Por otro lado, un panel solar generará electricidad incluso en ausencia de luz solar directa, lo que significa que en días nublados también habrá generación de electricidad, pero como se dijo anteriormente, las condiciones óptimas de operación implican la presencia de luz solar plena y un panel orientado lo mejor posible hacia el sol, con el fin de aprovechar al máximo la luz solar directa.

2.3 Marco Conceptual

El marco conceptual de este trabajo está basado en el efecto fotovoltaico que fue reconocido por primera vez en 1839 por el físico francés Alexandre-Edmond Becquerel.

Sus estudios sobre el espectro solar, magnetismo, electricidad y óptica son el pilar científico de la energía fotovoltaica. Pero en 1883 Charles Fritz creó la primera celda solar a base de selenio y una capa delgada de oro obteniendo una eficiencia del 1% del total de producción eléctrica.

En el año 1904 Henry Willsie fue el primero en almacenar la energía del sol durante el día y en la noche fue capaz de utilizarla en la noche. Einstein no se quedó atrás y también realizó estudios sobre la energía fotovoltaica ganando el premio Nobel en 1921. Para el año 1950 en los laboratorios Bell por accidente descubrieron el silicio como fuente para el uso en la tecnología solar obteniendo una eficiencia del 6%. Por ello en 1955 salió al mercado la primera celda solar para uso comercial. Pero su

utilidad era destinada a la era espacial, logrando crear satélites usando células solares por su peso, flexibilidad y costo.

Gracias al invento de la celda solar y el descubrimiento del silicio para la generación de energía eléctrica en la década de los años 80 comenzó la producción de los paneles solares para uso doméstico y obtener energía a base del sol haciendo uso en las estructuras de los edificios públicos, privados y hogares, se ha vuelto más económica la inversión en las instalaciones de sistemas on grid, ya que da acceso a la recuperación a mediano plazo, la instalación del sistema off grid o sin conexión a la red eléctrica favorece a los lugares que no cuentan para una instalación ordinaria del sistema eléctrico.

2.4 Marco Legal

Los organismos gubernamentales como es la Constitución de la República del Ecuador que representa la máxima ley en el país en la sección séptima se refiere a las energías renovables que ayuden al medio ambiente promoviendo el desarrollo energético, otro organismo gubernamental que incluye en sus secciones acerca de las diferentes formas de obtención de energía eléctrica es la Agencia de Regulación y Control de Electricidad se detallan las regulaciones que avalan para el desarrollo de este trabajo.

2.4.1 Constitución de la República del Ecuador 2008

Sección séptima

Biosfera, ecología urbana y energías alternativas

Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como

de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua. (CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008)

2.4.2 Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSPEE)

Programa de Energización Rural

Art. 63.- El Estado promoverá y financiará, de manera prioritaria, los proyectos de desarrollo de la electrificación rural, especialmente en zonas aisladas de los sistemas de distribución. Los valores anuales, necesarios para la ejecución del mismo, serán gestionados por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable ante el Ministerio de Finanzas. (LEY ORGANICA DEL SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA, 2015)

2.4.3 ARCONEL (Agencia de Regulación y Control de Electricidad)

La Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) está regulado a base de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSPEE) vigente desde el 16 de enero del 2015. La LOSPEE está encargado de regular o hacer regir las leyes escritas.

En una instalación de paneles solares se puede obtener la inversión hecha en un plazo de 8 a 10 años, con referencia al ahorro que puede otorgar el uso de la energía solar, pero no relacionado con la venta de Kwh porque la energía fotovoltaica es más costosa que la energía convencional. ARCONEL ha establecido leyes que son consideradas para el desarrollo de este proyecto como son las regulaciones nombradas a continuación y adjuntadas al final de este documento.

Regulación No. ARCONEL – 002/16

Requisitos y procedimientos para la operación experimental de centrales de generación.

Objetivo

Determinar los requisitos y el procedimiento que deben seguir los titulares de títulos habilitantes para generación, para dar inicio a las etapas de pruebas técnicas y de operación experimental de centrales o unidades de generación, previo a su declaración en operación comercial.

Regulación CONELEC – 006/08

Objetivo

El objetivo de la presente Regulación es establecer los parámetros regulatorios específicos para el establecimiento de una tarifa única que deben aplicar las empresas eléctricas de distribución para cada tipo de consumo de energía eléctrica.

2.4.4 CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad)

Regulación CONELEC – 01/14

Participación de Autogeneradores en el Sector Eléctrico.

Objetivo

Establecer las condiciones técnicas y económicas para la participación de los Autogeneradores privados en el Sector Eléctrico.

Alcance

- Calificación del autogenerador por participación en el Sector Eléctrico.
- Calificación de los consumos propios.
- Despacho y liquidación de transiciones comerciales, incluyendo los excedentes o energía consumida de la red.
- Cambios de consumo propio a cliente regulado y viceversa.
- Casos especiales.

La regulación 01/14 detalla los requisitos necesarios para proyectos de autogeneración de energía eléctrica. La norma descrita avala a los proyectos menores o igual a 1MW en la generación eléctrica, para sistemas distribuidos. (Conelec, 2014)

FIGURA N°17

PLAZOS CONSIDERADOS EN TITULOS Y REGISTROS

TIPO DE CENTRAL Y RANGO DE POTENCIA	PLAZO PARA PROYECTOS DE AUTOGENERACIÓN (AÑOS)
Vapor	30
MCI < 514 rpm	20
MCI 514 – 900 rpm	15
MCI > 900 rpm	7
Gas Industrial	20
Gas Jet	7
Eólicas	25
Fotovoltaicas	20
Biomasa – Biogas	15
Geotérmicas	30
Hidro 0 – 0,49 MW	20
Hidro 0,5 – 4,99 MW	30
Hidro – 5 – 49,99 MW	40
Hidro ≥ 50 MW	50

Fuente: Conelec.

Elaborado por: Arroba Cuesta Alicia Leonella.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Descripción del procedimiento metodológico

3.1.1 Modalidad de la Investigación

La modalidad de la investigación es mixta, porque utiliza técnicas de observación de tipo directa para proceder con el análisis técnico del uso de sistemas fotovoltaicos y la entrevista no estructurada (libre) dirigida al encargado del departamento de Ingeniería y construcción de CNEL (Corporación Nacional de Electricidad).

3.1.2 Tipo de Investigación

Científica: Permite conocer las técnicas y métodos que se aplicaron en la investigación para encontrar una o varias soluciones de acuerdo con el planteamiento del problema.

Exploratoria o de campo: Permite conocer la situación actual del uso de sistemas fotovoltaicos en el país y obtener conclusiones sobre su aplicación.

Explicativa: Permite conocer la causa-efecto de la migración de un sistema convencional eléctrico a un sistema renovable para la obtención de energía eléctrica.

3.2 Métodos

El método que se aplicó es bibliográfico, porque se realizó la

consultas en diversas páginas web y artículos referente al tema de sistemas fotovoltaicos, y su aplicación en paneles solares.

3.2.1 Técnicas

Entrevista: Se aplicó la entrevista no estructurada al encargado del departamento de Ingeniería y Construcción de la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL) y al director de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCOEL).

3.2.2 Herramientas

1) Entrevista no estructurada.

Llamadas también entrevista libre, es una pauta básica donde el entrevistador manipula el proceso de forma libre sin tener problemas al obtener información, además el entrevistador aplica preguntas abiertas con la finalidad de proporcionar confianza en la plática con el entrevistado. (Olabuénaga, 1989, pág. 170)

2) Observación directa.

Basada en inspeccionar el fenómeno a investigar dentro de su ambiente, con la finalidad de examinar las características, comportamiento, detalles y sucesos. “Puede utilizarse como instrumento de medición en muy diversas circunstancias” (Hernández, Carlos, & Baptista, 1997, págs. 259-261)

3.2.3 Entrevista no estructurada dirigida al encargado del departamento de Ingeniería y Construcción del CNEL

Para el día 16 de noviembre del 2017 se planificó la entrevista al Ing.

Rafael Enderica encargado del departamento de Ingeniería y Construcción del CNEL, se realizó la entrevista basada en un conjunto de preguntas abiertas, que permitió proporcionar información muy importante para el investigador y buscar información acerca de la aplicación de los sistemas fotovoltaicos para la autogeneración de energía eléctrica.

Además, se procedió a enviar las mismas preguntas al director de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad ya que ellos son el ente regulador para aplicar dicho sistema.

3.2.3.1 Objetivos de la entrevista

- 1) Conocer si es aplicable la autogeneración de energía eléctrica mediante el sistema fotovoltaico.
- 2) Saber las regulaciones existentes para la autogeneración de energía eléctrica.
- 3) Identificar si en el país ya se han realizado conexiones con el sistema on-grid para la autogeneración de energía eléctrica.
- 4) Conocer la tarifa estimada por Kwh al momento de autogenerar la energía eléctrica.

3.2.3.2 Conjunto de preguntas

¿Es aplicable la autogeneración de energía eléctrica en el país?

Análisis

Al momento aún no se ha aplicado la autogeneración de energía eléctrica mediante el uso de paneles solares en el país, pero es de gran

importancia porque ya es algo que lo están aplicando en otros países del mundo como es construir las casas con paneles solares para la autogeneración de energía eléctrica, por ende, el país no debe quedarse atrás, la utilización de paneles solares es lo que se viene en un futuro.

¿Cuáles son las regulaciones existentes para la autogeneración de energía eléctrica?

Análisis

En la actualidad no existe una regulación referente a la autogeneración de energía eléctrica para obtener la retribución económica pero si se puede realizar la instalación de sistema fotovoltaico hasta 1MW en el país, pero el encargado conoce por medio de la ARCONEL que ya está en proceso de estudio es decir existe un borrador para el caso, además existen regulaciones referentes a la aplicación de sistemas renovables para obtener energía eléctrica, así mismo una regulación para la operación experimental de centrales de generación.

¿Conoce usted si en el país se han realizado conexiones on-grid usando el sistema fotovoltaico?

Análisis

El ingeniero Rafael Enderica indicó que conocía de un engranaje de paneles solares en una ciudadela de Samborondón, que se dirigía a una reunión para tratar del tema de la autogeneración de energía eléctrica pero no supo explicarse como existe dicha instalación de ese sistema no convencional para la obtención de energía eléctrica, porque al momento no existe una regulación vigente para aplicar dicho sistema de la retribución por kilovatio hora en la instalación del sistema fotovoltaico, las regulaciones son dispuestas por la ARCONEL.

¿Cuál es la tarifa estimada por KWH que la Corporación Nacional de Electricidad estaría dispuesto a pagar por la autogeneración de energía eléctrica?

Análisis

Por el momento no existe una regulación específica para la tarifa por la autogeneración de energía eléctrica, pero si existe una regulación vigente referente a la tarifa única que deben aplicar las empresas eléctricas de distribución para cada tipo de consumo de energía eléctrica.

3.2.4 Método de transición a escoger

En la actualidad los dos métodos mencionados para realizar la autogeneración de energía eléctrica son de gran importancia debido a que su aplicación favorece al medio ambiente.

El sistema off grid se aplica a lugares sin acceso a la red pública o que no cuentan con un sistema de energía eléctrico constante debido a fallas en la propia empresa o por agentes externos. Otra de las ventajas del sistema off grid es que permite generar energía eléctrica solo para el propio consumo eléctrico, por ende, la instalación puede ser mínima en cuanto a la capacidad de potencia.

El sistema on-grid o conectado a la red eléctrica podría permitir suplir la utilización de la red eléctrica convencional y comenzar a utilizar los paneles solares para alimentar de energía eléctrica a la Facultad de Ingeniería Industrial. Con la finalidad de poder trabajar paralelamente ambos sistemas de obtener la energía eléctrica para la alimentación de toda la edificación.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Definición de la propuesta

En este capítulo se demostrará el objetivo de esta investigación, la cual es realizar el análisis técnico y económico para el uso de paneles solares en la Facultad de Ingeniería Industrial, así mismo el análisis de factibilidad de cambio de un sistema convencional de consumo eléctrico a un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica.

4.2 Planificación del proyecto

El objetivo principal del presente trabajo de titulación es realizar el análisis técnico y económico para la utilización de un sistema fotovoltaico para un área educativa por lo cual se realizó el estudio dentro de la Facultad de Ingeniería Industrial perteneciente a la Universidad de Guayaquil, conociendo si es aplicable o no realizar la transición de obtención de energía eléctrica convencional dispuesta por la empresa eléctrica a la utilización de paneles solares para la obtención de la energía renovable proporcionada por el sol para generar la energía eléctrica y alimentar a toda la Facultad mediante este tipo de sistema.

4.3 Instalación Eléctrica

La instalación eléctrica que cuenta la Facultad de Ingeniería Industrial es de una potencia instalada de 500 KVA, se detalla a continuación el banco de transformador.

4.3.1 Banco de transformador

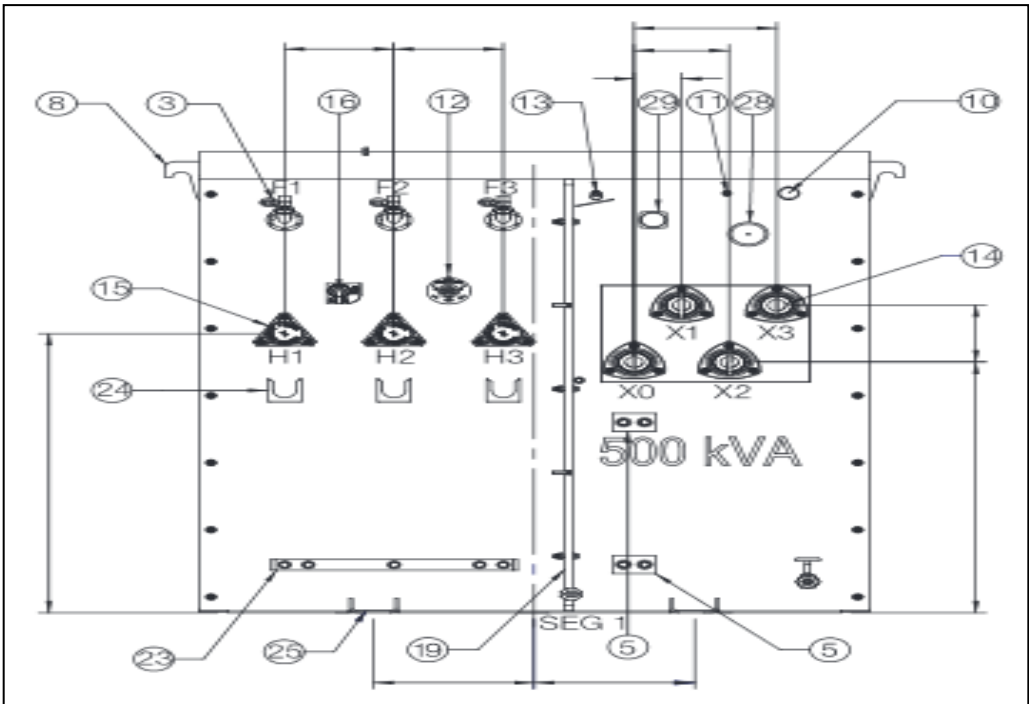
El banco de transformador que se encuentra ubicado en la parte de atrás de la Facultad de Ingeniería Industrial alimenta de energía a todo el edificio la potencia que proporciona es de 500 KVA. Mientras que para alimentar a los talleres de Metalúrgica y al laboratorio de Mecánica es de 50 KVA para cada taller.

TABLA N°1
DIMENSIÓN DEL BANCO DE TRANSFORMADOR

CAPACIDAD kVA	ALTURA (mm)	FRENTE (mm)	FONDO (mm)
500	1.700	2.000	1.900

Fuente: Arroba Cuesta Alicia Leonella.
Elaborado por: Arroba Cuesta Alicia Leonella.

FIGURA N°18
ESQUEMA DEL BANCO DE TRANSFORMADOR



Fuente: Voltran WEG Group.
Elaborado por: Voltran.

4.3.2 Irradiación en Guayaquil

Se toma en consideración los valores proporcionados por el Atlas solar para la generación eléctrica de energía. El objetivo de este estudio es determinar cuanta energía solar dispondrá el sistema fotovoltaico para la generación eléctrica, con ello podremos obtener la energía útil, es decir, la producción energética anual de los paneles solares para su utilización, eficiencia y eficacia. Los valores presentados en la TABLA N°2 representa la irradiación global promedio de cada mes, así como la irradiación difusa. Los datos presentados en la tabla son medidos en Wh/m²/mes. (CONELEC, 2008)

TABLA N°2
IRRADIACIÓN GLOBAL Y DIFUSA

	Irradiación Global (Wh/m²*mes)	Irradiación Difusa (Wh/m²*mes)
ENERO	3900	3000
FEBRERO	4050	3100
MARZO	4600	3000
ABRIL	4350	2900
MAYO	4350	2300
JUNIO	4200	2400
JULIO	4750	2710
AGOSTO	4925	2465
SEPTIEMBRE	5100	2925
OCTUBRE	4575	3040
NOVIEMBRE	4925	2465
DICIEMBRE	5275	2810

Fuente: Atlas Solar para la generación eléctrica.
Elaborado por: Arroba Cuesta Alicia Leonella.

Como detalla la TABLA N°2 el mes que más influencia del sol existe en la ciudad de Guayaquil es septiembre con una irradiación solar global de 5100 Wh/m² dando un alto índice de insolación por ende es el mes que

más consumo de potencia de energía eléctrica tendría la instalación fotovoltaica.

La irradiación global promedio como se detalló en el capítulo II para la ciudad de Guayaquil es de 4630 Kw/h/m²/día dato que se utiliza para especificar la cantidad de paneles solares en una instalación fotovoltaica.

4.3.3 Cálculo del consumo energético

Se sabe la potencia instalada en el edificio, que es de 500KVA y que el total de horas que se utiliza la energía eléctrica es de 15 horas durante 22 días laborables por mes, se obtiene un valor estimando del costo que se paga por energía eléctrica mensualmente dentro de la Facultad. Se conoce que del total de los 500KVA se utiliza solo el 75% de la potencia total, por ende, para el desarrollo del trabajo se considera el siguiente valor:

$$\text{Potencia consumida: } 500\text{KVA} * 75\% = 375\text{KW}$$

Donde:

- **Potencia instalada:** 500KVA;
- **Porcentaje utilizado en el tiempo laborable:** 75%

Una vez obtenido la potencia consumida que da 375KW se multiplica por las horas que se labora en la Facultad, por los días que se trabajan al mes y por la tarifa de KW/h que se paga a la empresa eléctrica para obtener el consumo aproximado mensual que existe en la Facultad por el pago de la energía eléctrica:

$$\text{Consumo aproximado: } 375\text{KW} * 15\text{h} * 22\text{días} * 0.06812\text{KW/h} = \$8429.85$$

Donde:

- **Porcentaje utilizado:** 375KW

- **Horas al día trabajadas:** 15h
- **Días laborables:** 22 días
- **Precio tarifa KW/h:** 0.06812 (ARCONEL, 2015)

El consumo mensual que se obtuvo es de \$8429.85 teniendo un valor aproximado al real.

4.4 Sistema On grid y Sistema Off grid

Se realiza una comparación entre los dos sistemas fotovoltaicos, los elementos que se requiere para cada una de la instalación, y el costo de inversión por cada uno de los sistemas escogidos para el análisis de la propuesta del trabajo de titulación.

4.4.1 Comparativa de un sistema on grid con un sistema off grid

Las siguientes tablas detallan características en cuanto a la calidad que ofrece cada sistema fotovoltaico, el rendimiento utilizable por cada sistema en la obtención de la energía eléctrica y el porcentaje de aprovechamiento de la energía solar por el sistema con conexión a la red eléctrica y el sistema aislado a la red eléctrica. Se detalla la comparación de la calidad en la TABLA N°4 y TABLA N°5.

TABLA N°3
COMPARACIÓN DE CALIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN
SISTEMA ON GRID

COMPARACIÓN CALIDAD	
SISTEMA FOTOVOLTAICO ON GRID	
CARACTERÍSTICAS	PORCENTAJE
Rendimiento Global de la Energía Solar	80 %
Aprovechamiento de la energía	100%

Fuente: Arroba Cuesta Alicia Leonella.

Elaborado por: Arroba Cuesta Alicia Leonella.

Los sistemas de energía eléctrica on grid o conectados a la red eléctrica son el tipo de instalación más común ya que ofrece mayor rentabilidad, debido a que permite vender la energía que no es consumida a la red eléctrica, además que otorga una ventaja al abastecerse de energía convencional por lo tanto nunca falta energía en la casa o edificio.

TABLA N°4
COMPARACIÓN DE CALIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN
SISTEMA OFF GRID

COMPARACIÓN CALIDAD	
SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF GRID	
CARACTERÍSTICAS	PORCENTAJE
Rendimiento Global de la Energía Solar	55 %
Aprovechamiento de la energía	40-60%

Fuente: Arroba Cuesta Alicia Leonella.

Elaborado por: Arroba Cuesta Alicia Leonella.

Los sistemas de energía aislados a la red eléctrica requieren como se mencionó en el capítulo II de un banco de baterías que almacenan durante el día la energía proveniente del sol para abastecer el edificio durante la noche cuando el panel no está generando electricidad, generando un gasto extra al momento de instalar el sistema off grid; este tipo de instalación no es conveniente si cuenta con un sistema de red eléctrico ya que encarecen la instalación fotovoltaica evitando tener su máximo uso tanto de potencia como en su operación.

4.5 Diseño del sistema fotovoltaico

Para diseñar el sistema conveniente para la facultad se procede con un análisis tomando en considerando ambos sistemas el off grid y el on grid para al final conocer si es aplicable o no la instalación de un sistema fotovoltaico.

4.5.1 Sistema fotovoltaico Off grid

Para realizar el diseño de una planta fotovoltaica off grid se considera el equipo necesario para una instalación de este tipo de sistema, el costo de inversión estimado haciendo el estudio respectivo solo para la autogeneración de energía eléctrica para proporcionar a toda la facultad de energía. Se considera solo para la autogeneración de energía eléctrica la implementación del sistema off grid.

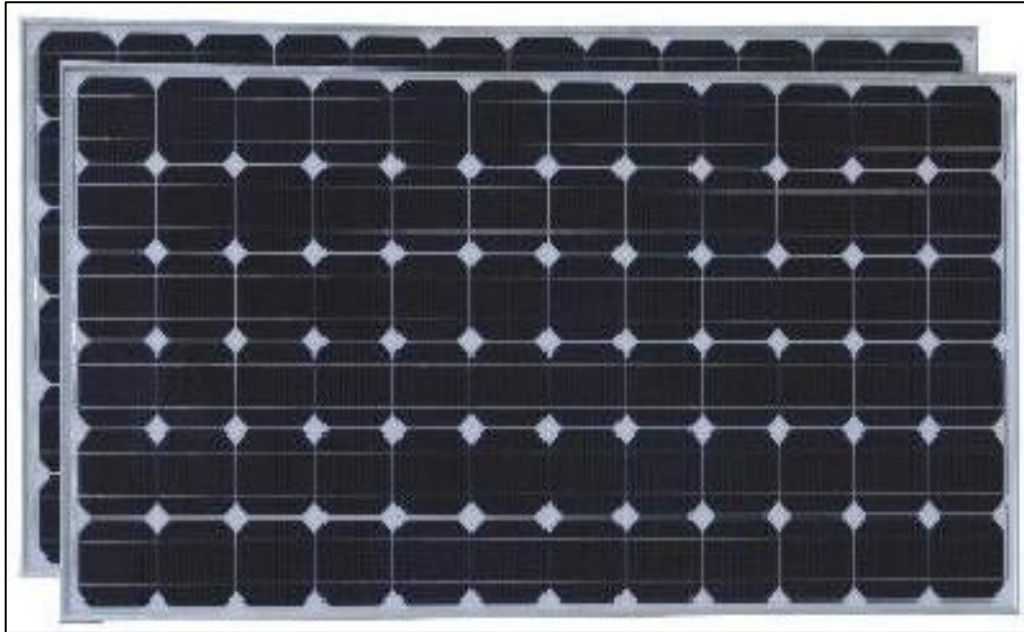
Como se mencionó en el atlas solar para la generación eléctrica, el sol se puede aprovechar durante 5 horas donde la radiación es pura sin ninguna obstrucción de nube, por esta razón se aprovechara la suficiencia de los paneles solares para consumo durante jornada laboral entre las 09:00 hasta 14:00, mientras que para abastecer de energía eléctrica en el resto de horas laborables en el horario nocturno se requiere tener un banco de almacenamiento de carga para cubrirlos, por esa razón la planta fotovoltaica trabaja constantemente, ya que se requiere la potencia de consumo y la potencia de almacenamiento para la noche.

Por ende, se requiere de una instalación fotovoltaica sin conexión a red para autogenerar energía a toda la Facultad de 1MW. El sistema fotovoltaico Off grid solo funcionará en los días laborables por el personal administrativo, docente y estudiantes, es decir se utilizará 6 días a la semana tiempo en el cual se requiera generar energía eléctrica.

4.5.1.1 Panel Solar

La elección del panel solar depende del total de potencia consumida como es el caso de 1MW. El panel seleccionado que permite realizar el estudio respectivo es el panel FS250W.

FIGURA N°19
PANEL FS250W



Fuente: Tanfon off grid
Elaborado por: Arroba Cuesta Alicia Leonella

Especificaciones técnicas por panel solar:

- **Potencia:** 250W
- **Voltaje:** 34.4 V
- **Amperaje:** 7.27 A
- **Tamaño:** 1.6m*0.90m
- **Área total del panel:** 1.44m²
- **Tipo de panel:** Silicio policristalino (mayor eficiencia de rendimiento)
- **Utilidad:** 25 años

El panel escogido para el estudio realizado es el FS250W ya que otorga una mayor fiabilidad al momento de su utilización, y es el que cumple con los requerimientos técnicos necesarios para poder cumplir con lo necesario para la ejecución del proyecto.

Se detalla a continuación el cálculo para conocer la cantidad de paneles solares a utilizar, aplicando un porcentaje para seguridad que otorga el sistema fotovoltaico.

Cálculo del total de paneles a utilizar:

$$\text{Paneles} = 1\text{MW}/200\text{w} = 5000 * 10\% = 5500 \text{ paneles}$$

Donde:

- **Potencia total a utilizar:** 1MW
- **Potencia por panel:** 200W
- **% seguridad:** 10%

Se requiere un total de 5500 paneles para cubrir la potencia total de 1MW que tendrá la instalación fotovoltaica off grid y el área requerida para la instalación de los paneles es de 8 Km aproximadamente, a parte se requiere el espacio para el resto de los componentes y el cableado. El área requerida total para realizar la instalación de la planta fotovoltaica será de 10Km.

4.5.1.2 Inversor

El inversor utilizado será un inversor PVS800–1000kW que cubra las necesidades requeridas para la instalación. Para esta instalación solo se requiere de un inversor.

Las especificaciones técnicas de inversor seleccionado es el ideal porque la potencia total que acepta el inversor es la necesaria para convertir la corriente continua receptada por los paneles solares a la corriente alterna que será utilizada para poder generar la energía eléctrica para toda la Facultad.

Especificaciones técnicas del inversor:

- **Potencia:** 1000 kW
- **Voltaje de entrada:** 1100V
- **Amperaje:** 1045 A
- **Máxima eficiencia:** 98.6%
- **Tamaño:** 3.6m*2.1m

FIGURA N°20
INVERSOR PVS800-1MW



Fuente: ABB central inverters
Elaborado por: Arroba Cuesta Alicia Leonella

4.5.1.3 Batería

Las baterías para utilizar en este tipo de sistema cuentan con las siguientes especificaciones:

- **Voltaje:** 12 V
- **Amperaje:** 200 A
- **Potencia:** 2400 W
- **Capacidad:** 12V/200AH
- **Tipo:** Batería de ciclo profundo
- **Vida útil:** 6-8 años
- **Tamaño:** 5.22m*2.40m*2.19m
- **Conexión:** 8 baterías en serie por secuencia

FIGURA N°21
BATERIA CICLO PROFUNDO



Fuente: Tanfon off grid
Elaborado por: Arroba Cuesta Alicia Leonella

Como se observa en las especificaciones la vida útil de cada batería esta entre 6 a 8 años según el mantenimiento por ello se requiere cambiar de las baterías cuando termina su vida de funcionamiento. Una de las ventajas que otorga este tipo de batería son por su ciclo profundo permite una utilización del 60% en la carga y descarga de energía.

Para calcular la cantidad de baterías necesarias para la planta fotovoltaica primero se realiza el cálculo de la potencia que necesita cubrir para la autogeneración de energía eléctrica para la Facultad:

Potencia consumida: 375Kw

Horas de eficiencia por noche: 7h

Potencia total: $375\text{kW} * 7\text{h} = 2625\text{kW}$

En este caso la potencia para la instalación del sistema off grid es de mayor proporción dando una potencia total requerida de 2.6 MW. Para calcular la cantidad de baterías a utilizar en el sistema off grid para la generación de energía eléctrica se realiza el siguiente cálculo:

$$\text{Baterías} = 2625000\text{W} / 2400\text{W} = 1093 * 10\% = 1202 \text{ baterías}$$

Donde:

Potencia total del sistema: 2625000 W

Potencia por batería: 2400W

% seguridad: 10%

Para aplicar el sistema off grid dentro de la Facultad para generar energía se requiere de 1202 baterías las cuales serán parte del sistema donde su función es almacenar la potencia que se requiere en el horario nocturno.

4.5.1.4 Estimación del costo de la planta fotovoltaica Off grid

TABLA N°5
VALORES ESTIMADOS

Equipo	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Panel solar FS250W	5500	257.93	1'418,615
Inversor PVS800	1	58,100	58,100
Batería	1202	437.69	526,103.38
Total			2'002,818.38

Fuente: Investigación propia

Elaborado por: Arroba Cuesta Alicia Leonella

El costo de instalación de la planta fotovoltaica está en los \$ 2'002,818 solo considerando los componentes más necesarios para su implementación, además los valores presentados son considerados en la fecha actual para el análisis, también no se contempla el costo por mantenimiento de los equipos dado su tiempo de vida útil, ni el costo por instalación de los equipos.

En la instalación de este tipo de sistema no se tendrá ningún valor de recuperación, sino solo serán valores en contra porque no hay un ingreso que supla el costo de inversión. Por esta razón la instalación off grid no es recomendable para la Facultad de Ingeniería Industrial.

4.5.2 Sistema fotovoltaico On grid

Para hacer el diseño del sistema on grid utilizando paneles solares, se realiza el análisis de cada componente o equipo que conlleva el desarrollo de este tipo de sistema logrando optimizar el uso y la generación

de la energía eléctrica de origen solar, realizado con un balance adecuado entre ellas, desde los puntos de vista técnico y económico.

Los aspectos que se consideran para realizar el análisis del diseño serán los siguientes:

- Selección y cantidad del panel solar.
- Selección del inversor de energía.
- Selección del regulador de carga.

Cálculos que se proceden a realizar será para una instalación fotovoltaica con conexión a la red eléctrica de 1MW.

4.5.2.1 Panel Solar

La elección del panel solar depende de la cantidad total de potencia para la planta fotovoltaica con distribución eléctrica es de 1MW. El panel seleccionado que permite realizar el estudio respectivo es el FS250W sabiendo las especificaciones técnicas que son:

- **Voltaje:** 34.4 V
- **Amperaje:** 7.27 A
- **Potencia:** 250 W
- **Tamaño:** 1.6m*0.9m
- **Área total del panel:** 1.44m²
- **Tipo panel:** Policristalino (para todo tipo de clima)

Los paneles solares para una instalación fotovoltaica trabajan en serie para obtener la corriente total, mientras que para el voltaje total los paneles solares deben estar en paralelo.

Cada panel individualmente genera una potencia de 250 W. Considerando los datos detallados se procede con el cálculo total a utilizar en paneles solares, así como el área requerida:

Cálculo del total de paneles a utilizar:

$$\text{Paneles} = 1\text{MW}/200\text{w} = 5000 * 10\% = 5500 \text{ paneles}$$

Donde:

- **Potencia a utilizar:** 1MW
- **Potencia por panel:** 200W
- **% seguridad:** 10%

Se requiere un total de 5500 paneles para cubrir la potencia total consumida y el área requerida para la instalación es de 10Km para la instalación de todos los equipos, además se cuenta la sombra que se genera por el ángulo de inclinación por cada panel que es de 15° para eliminar impurezas para la eficiencia energética.

Al mismo tiempo, el movimiento del sol no afecta al sistema porque se encuentra perpendicular a los paneles solares.

4.5.2.2 Inversor de energía PVS800 1MW

El inversor seleccionado para este tipo de sistema es el PVS800 1MW de 7 gabinetes. Es el encargado de aprovechar la energía captada por el sol que se guarda en las placas solares para aprovecharlas en diferentes consumos.

La función principal del inversor es convertir la corriente DC generada por el sol en AC para poder consumirla en los diferentes equipos y alimentar a toda la edificación. Otra función del inversor también es almacenar y generar la energía contenida en las baterías que utiliza el sistema on grid.

La TABLA N°7 describe las características más importantes en el

inversor PVS800 1MW.

TABLA N°6
CARACTERÍSTICAS INVERSOR PVS800 1MW

Potencia Nominal	1000 kW
Módulos	8-20 entradas
Frecuencia	60 HZ
Voltaje máximo de entrada	1100 V
Seccionador AC	1045 A
Dimensiones	3630*2130*708
Peso	2320 Kg
Protección para fallas a tierra	Para cada módulo
Máximo consumo de Energía	1200 kW
Distorsión Armónica de Corriente	3%

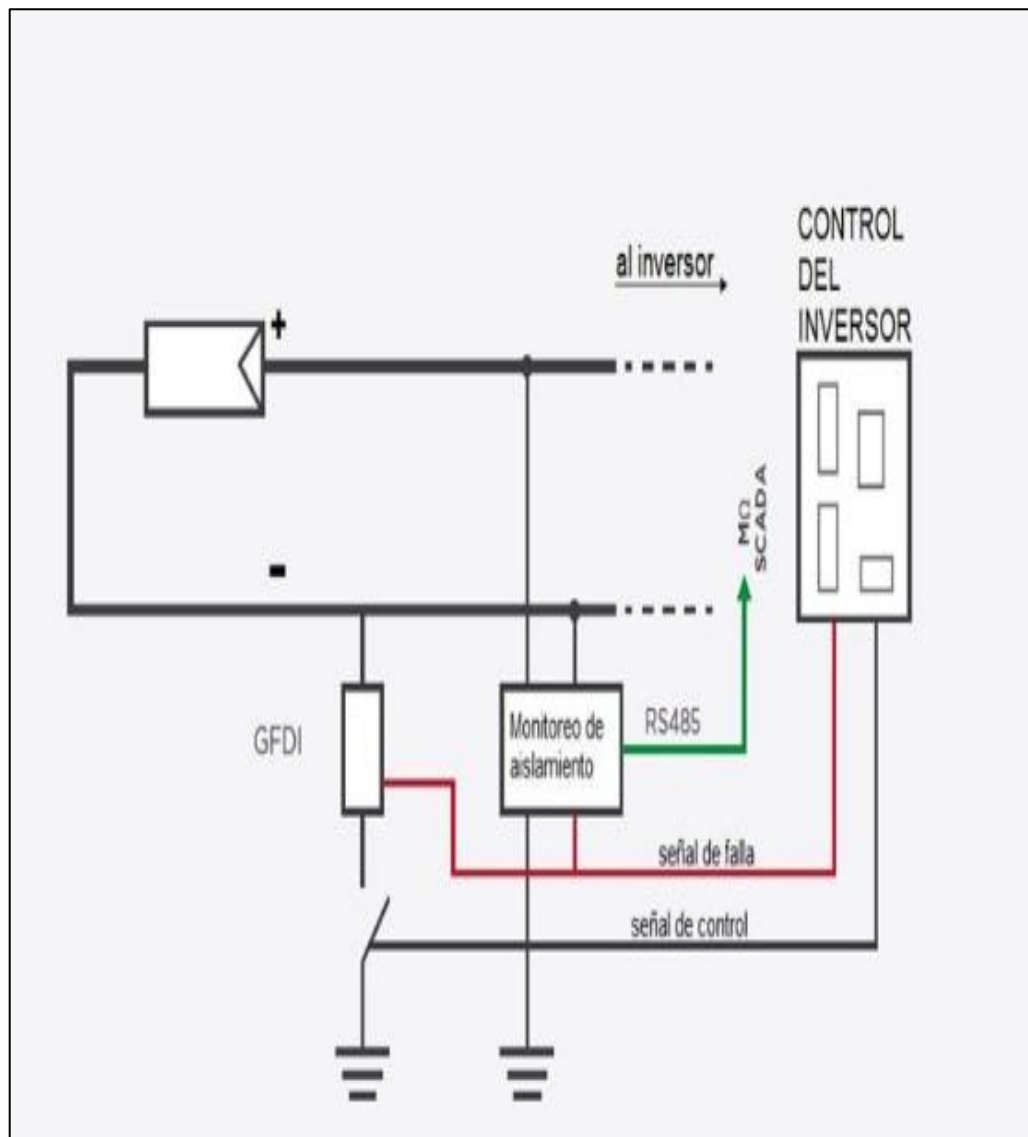
Fuente: Solar Inverters

Elaborado por: Arroba Cuesta Alicia Leonella

4.5.2.3 Esquema de protección de paneles solares

El inversor ejecuta su polo negativo conectado a la tierra, y este está conectado al interruptor detector a fallas a tierra de los paneles solares garantizando la seguridad del operador dentro de las actividades de servicios de operación y mantenimiento. Todo esto es debido al dispositivo encargado del monitoreo del aislamiento, un esquema acerca como va integrado este conjunto de protección al sistema fotovoltaico.

FIGURA N°22
ESQUEMA PROTECCIÓN



Fuente: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/96324/D-CD105681.pdf>
Elaborado por: Arroba Cuesta Alicia Leonella

Si llega a existir una falla en el sistema el control del inversor lo detecta haciendo un corto para que el resto del equipo no se vea afectado, sino que siga su funcionamiento sin ningún tipo de daño. Los inversores actuales suelen incluir el control de todo el sistema. Esto incluye detectar que el campo fotovoltaico tenga suficiente potencia como para poder conectarse a la red, cerrando en ese momento un contactor y comenzando a operar tan pronto como haya luz solar. Por la noche el inversor deberá estar totalmente desconectado.

4.5.2.4 Esquema del funcionamiento sistema On grid

4.5.2.5 Generación de energía eléctrica con el sistema On grid

Según la regulación 01/14 del CONELEC que permite la instalación de sistemas de generación eléctrica menores o iguales a 1MW es posible la realización de la propuesta planteada. Pero al momento no existe una tarifa por kW/h que se aplique a la red de distribución eléctrica, pero se considera una tarifa estimada para realizar el cálculo por la instalación fotovoltaica.

Cabe recalcar que el sistema On grid trabaja constantemente por ello el cálculo que se realice se considera los 30 días de cada mes.

4.5.2.6 Cálculo de generación eléctrica

Consumo mensual: $1\text{MW} \times 5\text{h} \times 30\text{días} \times 0.25\text{ctvs} = \$ 37500$

Se detalla a continuación el costo estimado por consumo mensual:

Planta fotovoltaica: 1MW

Horas suficiencia: 5h

Días de generación eléctrica: 30 días

Costo de generación estimado: 0.25 ctvs.

El valor que se obtiene es de \$37500 al mes por la generación de energía eléctrica que permita realizar el pago por el consumo mensual a la empresa eléctrica, además se obtiene una ganancia tomando en consideración la tarifa de 0.25kW/h:

Consumo mensual generado: \$37500

Consumo mensual en energía eléctrica: \$8415

Ganancia obtenida: \$29085

La ganancia obtenida por la generación de energía eléctrica instalando el sistema fotovoltaico On grid es de \$29085 que permite cubrir el pago por la inversión realizada en la instalación.

4.5.2.7 Estimación del costo de la planta fotovoltaica On grid

TABLA N°7
VALORES ESTIMADOS

Equipo	Costo Unitario	Cantidad	Costo Total
Panel solar FS250W	257.93	5500	\$1'418,615
Inversor PVS800	58,100	1	\$58,100
Costos adicionales: Acometida de Alta Tensión			\$123,258
Total			\$1'600,000

Fuente: Investigación propia

Elaborado por: Arroba Cuesta Alicia Leonella

La instalación del sistema on grid es de \$1'600,000 con los componentes básicos cabe recalcar que cada panel incluye su conector y cable por eso no se detalla en el estudio, dentro del costo del inversor incluye el medidor de acoplamiento para poder hacer la medida de entrega de energía, los costos adicionales no contemplados se considera el medidor de alta tensión ni la instalación del cableado eléctrico, porque la empresa eléctrica es la encargada de esa instalación y ellos son los responsables de colocar la tarifa destinada para esos detalles, pero se estima alrededor de \$123,258 para la acometida de alta tensión.

El tiempo de recuperación de la inversión por la generación distribuida se detalla a continuación:

- **Pago mensual consumo eléctrico:** \$8429.85
- **Pago anual en consumo eléctrico:** $\$8429.85 \times 12 \text{ meses} = \$101,158.20$
- **Consumo mensual generado:** \$37500
- **Ganancia obtenida mensualmente:** \$29085
- **Ganancia obtenida al año:** $\$29085 \times 12 \text{ meses} = \$349,020$
- **Inversión instalación sistema on grid:** \$1'600,000
- **Tiempo de recuperación de la inversión:** $\$1'600,000 / \$349,020 = 4,58$

El tiempo estimado para la recuperación de la inversión será de 4 años y medio, tiempo en el cual con la generación eléctrica se podrá pagar el costo por la instalación del sistema fotovoltaico, luego de ese periodo de tiempo, la Facultad solo obtendrá ganancias y beneficios por la instalación on grid.

4.5.3 Resultados obtenidos

La elección de la planta fotovoltaica que se considera en el estudio realizado es una instalación de sistema On grid, las razones para elegirla como la apropiada son las siguientes:

- El costo de instalación es menor que la Off grid.
- El consumo generado permite la distribución de energía.
- Es adecuado aplicarla porque la Facultad cuenta con conexión a la red pública de energía.
- Solo se necesita para la instalación de paneles solares, inversor, cableado y conectores.
- No requiere mantenimiento seguido. La vida útil por cada panel es de 25 años.
- Existen regulaciones que avalan a la instalación fotovoltaica por organismos gubernamentales a favor de la energía

renovable.

4.6 Conclusiones

Realizado el estudio para la implementación del sistema fotovoltaico en la Facultad de Ingeniería Industrial, se concluye que el sistema capaz de suministrar de energía a todo el edificio será el sistema con conexión a la red eléctrica. Este sistema a la vez que alimente de energía eléctrica a la facultad será capaz de vender el excedente de energía a la empresa eléctrica otorgando beneficios económicos haciendo a la Facultad autosuficiente en razón económica, mientras que para los estudiantes permitirá otorgar una manipulación en el estudio de los elementos del sistema fotovoltaico, ya que al ser un centro universitario los estudiantes serán capaces de poder realizar pruebas y conocer el funcionamiento de los equipos.

La instalación del sistema fotovoltaico on grid para la Facultad de Ingeniería Industrial tiene un valor de inversión inicial de \$1'600,000 realizando la instalación con el sistema fotovoltaico con conexión a la red de distribución eléctrica.

El uso de paneles solares trae consigo varios beneficios como son el económico, y socioeducativo. En el ámbito económico porque la Facultad sería generadora de energía eléctrica, que la convertiría suficientemente independiente del organismo estatal haciendo que ese recurso sea destinado para las áreas de investigación de la Facultad. En el ámbito educativo porque sería el primer centro estatal con una instalación fotovoltaica en su edificación. Un sistema de generación distribuido a la red eléctrica es más eficaz debido a las bajas pérdidas que traen los sistemas centralizados.

Se esclareció además las leyes que permiten la instalación de sistemas fotovoltaicos en nuestro país que es la 01/14 del Consejo Nacional

de Electricidad (CONELEC), así mismo los organismos gubernamentales a favor de obtención de la energía a través de sistemas no convencionales o favorables al medio ambiente.

4.7 Recomendaciones

Es recomendable que la Universidad de Guayaquil aplique a congresos para aprobar leyes del costo por generación eléctrica con los organismos gubernamentales encargados de regular las normas.

Se recomienda como alternativa cambiar el sistema de iluminación de la facultad para que el consumo sea menor y con ello obtener que el costo de instalación del sistema fotovoltaico sea de menor valor y accesible para la Facultad.

También se invita a realizar el estudio técnico y económico dentro de toda la Universidad de Guayaquil cuando el costo de kW/h este ya establecido y con ello obtener beneficios sociales y económicos en la instalación de un sistema fotovoltaico.

ANEXOS

ANEXO 1



REGULACION No. CONELEC – 001/14

EL DIRECTORIO DEL CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD CONELEC

Considerando:

Que, el 23 de julio de 2008, la Asamblea Constituyente expidió el Mandato Constituyente No. 15, el cual establece disposiciones relacionadas con el funcionamiento del Sector Eléctrico Ecuatoriano;

Que, en el Artículo 1 del Mandato Constituyente No.15, se establecen directrices para el establecimiento de la tarifa única, siendo necesario, para cumplir este objetivo, realizar ajustes al marco jurídico vigente, para lo cual el CONELEC, a través de dicho Mandato, está facultado, sin limitación alguna a establecer los nuevos parámetros regulatorios específicos que se requieran para su aplicación;

Que, dentro del establecimiento de los parámetros regulatorios específicos dispuestos en el Artículo 1 del Mandato Constituyente No.15, es necesario unificar los criterios para establecer los pliegos tarifarios, con aquellos que se utilizan para las transacciones de compraventa de energía entre los diferentes actores del Sector Eléctrico;

Que, el Artículo 4 de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico vigente, considera a la actividad de generación como un proceso productivo; y, a la transmisión, distribución y comercialización, como servicios públicos;

Que, el Artículo 30 de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico dispone que el CONELEC otorgue permisos para la construcción y operación de las centrales de generación que se destinen a la autogeneración, cuya capacidad sea de 50 MW o menos;

Que, el Artículo 60 del Reglamento General de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico establece la posibilidad de vender los excedentes de energía de los autogeneradores al mercado eléctrico;

Que, la Disposición Reformatoria Cuarta del Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones, que reformó de manera expresa el Artículo 2 de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, dispone que el Estado podrá delegar la prestación del servicio de energía eléctrica en sus fases de generación, transmisión, distribución y comercialización a empresas mixtas en las cuales tenga mayoría accionaria y, de forma excepcional, podrá otorgar delegaciones a la iniciativa privada y a la economía popular y solidaria para la prestación del servicio público de energía eléctrica, cuando sea necesario y adecuado satisfacer el interés público, colectivo o general; o, cuando la demanda del servicio no pueda ser cubierta por empresas públicas;



Que, mediante Resolución No. 0054/02, de 6 de marzo del 2002, el Directorio del CONELEC aprobó la Regulación No. 001/02 "Participación de los autoprodutores con sus excedentes de generación";

Que, mediante Oficio No. 030300 DIAPA, de 15 de junio de 2007, dirigido al Director Ejecutivo del CONELEC, el Contralor General (e) del Estado, señala que "...Para los contratos celebrados inicialmente como generadores y que posteriormente requieran ser autogeneradores con venta de excedentes, se deberá tomar en cuenta el peso de los excedentes en la producción total, a fin de considerarlos como generadores o autogeneradores. Este aspecto deberá ser regulado por el CONELEC."

Que, con fecha 23 de julio de 2008, la Asamblea Constituyente expidió el Mandato Constituyente No. 15, mediante el cual, se establecen varias disposiciones relacionadas con el sector eléctrico ecuatoriano;

Que, el Mandato Constituyente No. 15, faculta al CONELEC emitir las regulaciones que se requieran para su aplicación;

Que, mediante Resolución No. 106/08, de 12 de agosto de 2008, el Directorio del CONELEC aprobó la Regulación No. CONELEC - 006/08, "Aplicación del Mandato Constituyente No. 15", en la cual se establecen las reglas comerciales para el funcionamiento del mercado eléctrico;

Que, con Resolución No. 0138/08 de 27 de noviembre de 2008, el Directorio del CONELEC aprobó la Regulación No. CONELEC - 013/08 "Regulación Complementaria No. 1 para la Aplicación del Mandato Constituyente No. 15", en la cual se adicionan nuevas reglas comerciales, que deben observar los participantes en el mercado eléctrico, entre los cuales se incluyen a aquellos que realizan actividades de autogeneración;

Que, mediante Resolución No. 073/09, de 6 de agosto de 2009, el Directorio del CONELEC aprobó la Regulación No. CONELEC 004/09, "Regulación Complementaria No. 2 para la aplicación del Mandato Constituyente No. 15", en la cual se establecen los mecanismos para la contratación regulada de compraventa de energía eléctrica, la liquidación de las transacciones del mercado eléctrico, incluyendo disposiciones específicas para los autogeneradores;

Que, con Resolución No. 021/11, en sesión del 14 de abril de 2011, el Directorio del CONELEC aprobó la Regulación No. CONELEC 002/11 "Excepcionalidad para la participación privada en la generación eléctrica", que establece los principios y parámetros que permitan aplicar los casos de excepción para la participación privada en generación de electricidad, definidos en el párrafo segundo del artículo 2 de la Ley del Régimen del Sector Eléctrico;

Que, con Resolución No. 022/11, en sesión de 14 de abril de 2011, el Directorio del CONELEC aprobó la Regulación No. CONELEC 003/11 "Determinación de la metodología para el cálculo del plazo y de los precios referenciales de los proyectos de generación y autogeneración", que define la metodología para la determinación de los plazos y precios a aplicarse para los proyectos de generación y autogeneración desarrollados por la iniciativa privada, incluyendo aquellos que usen energías renovables;

Regulación No. CONELEC - 001/14

Que, con Resolución No. 010/13, en sesión de 21 de mayo de 2013, el Directorio del CONELEC aprobó la Regulación No. CONELEC 001/13 "Participación de generadores de energía eléctrica producida con Recursos Energéticos Renovables no Convencionales", que establece los requisitos, precios, período de vigencia, y forma de despacho para la energía eléctrica entregada al Sistema Nacional Interconectado o en sistemas aislados, por los generadores que utilizan fuentes renovables no convencionales;

Que, con Resolución No. 010A/13, en sesión de 21 de mayo de 2013, el Directorio del CONELEC aprobó la Regulación No. CONELEC 002/13 "Procedimiento de Calificación y Registro de los Proyectos de Generación de Energías Renovables No Convencionales menores a 1 MW", que establece los procedimientos que deben cumplir los proyectos de generación de energías renovables, menores a 1 MW, para obtener su Registro ante el CONELEC, así como su tratamiento en aspectos comerciales, técnicos y de control;

Que, es necesario regular el funcionamiento de los autogeneradores cuando dispongan de excedentes de energía entregados al mercado eléctrico ecuatoriano, tal que permita cumplir con las disposiciones emanadas del Mandato Constituyente No. 15 y la normativa que de él se deriva;

Que, conviene facilitar la instalación de plantas de generación que estén destinadas a abastecer demandas no reguladas, aliviando los requerimientos de nuevos proyectos de generación por parte del Estado; y,

En ejercicio de sus facultades:

Resuelve:

Expedir la siguiente Regulación sobre "Participación de Autogeneradores en el Sector Eléctrico".

1. OBJETIVO

Establecer las condiciones técnicas y económicas para la participación de los autogeneradores privados en el Sector Eléctrico.

2. ALCANCE

Establecer el procedimiento y los requisitos que deben cumplir los autogeneradores privados, en los siguientes aspectos:

- a) Calificación del autogenerador para participación en el Sector Eléctrico.
- b) Calificación de los consumos propios.
- c) Despacho y liquidación de transacciones comerciales, incluyendo los excedentes o energía consumida de la red.
- d) Cambios de consumo propio a cliente regulado y viceversa.
- e) Casos especiales.

3. DEFINICIONES

Autogenerador: Sociedad Anónima que produce energía para su propio consumo, pudiendo tener eventualmente excedentes que pueden ser puestos a disposición del Sector Eléctrico ecuatoriano, a través del Sistema Nacional Interconectado o a los sistemas de distribución.

Autogenerador Tipo A: Autogenerador cuyas instalaciones de generación y de consumos propios están físicamente unidas, se encuentran sincronizados con la red, disponen de un solo punto de conexión y medición con el sistema de distribución o con el sistema de transmisión.

Autogenerador Tipo B: Autogenerador cuyas instalaciones de generación y de consumos propios están físicamente separadas, precisan usar redes de transporte eléctrico (transmisión y/o distribución) para el autoabastecimiento; y, disponen de puntos de conexión y de medición individuales tanto para su generación como para cada una de las instalaciones que conforman su consumo propio.

CENACE: Corporación Centro Nacional de Control de Energía.

CONELEC: Consejo Nacional de Electricidad.

Consumo Propio: Comprende las instalaciones de propietarios, accionistas o personas jurídicas que tengan participación en la empresa Autogeneradora. Los consumos propios serán abastecidos parcial o totalmente por el autogenerador y podrán estar físicamente separados de la central Autogeneradora, e inclusive, ubicados en áreas de servicio de diferentes distribuidoras. No se consideran como Consumos Propios a demandas residenciales.

Empresa Autogeneradora: Empresa que está calificada por el CONELEC para realizar la actividad de autogeneración.

Energía Excedente: Para los autogeneradores tipo A, la energía excedente será igual a la energía neta mensual entregada al sistema de transmisión o distribución, según corresponda. Para los autogeneradores tipo B, la energía excedente será igual a la diferencia entre la energía entregada a los sistemas de distribución o transmisión, donde se encuentre conectado el autogenerador, y la energía consumida por sus consumos propios.

Energía consumida de la red: Es la energía consumida por los consumos propios de un autogenerador que no haya podido ser abastecida por este, y por tanto, deba ser facturada por una distribuidora.

Energía autogenerada: Es la energía producida por la planta autogeneradora. Para el autogenerador tipo B, la energía autogenerada será aquella entregada por el autogenerador en el punto de conexión con el sistema de transmisión o distribución, según corresponda.

Autogeneradores menores a 1MW: Para efectos de esta regulación se entenderá como autogeneradores menores a 1MW aquellos con una potencia nominal mayor a 100 kW y menor o igual a 1 MW.

Planta autogeneradora: Instalaciones de generación, propiedad de una empresa autogeneradora, destinadas a producir energía para cubrir la demanda de energía de sus consumos propios.

Registro: Para efectos de esta Regulación, el Registro es un contrato, donde se precisan los términos, condiciones y alcances de la facultad delegada, los derechos y obligaciones para ejercer la actividad de autogeneración, en el cual el CONELEC a nombre del Estado, autoriza a una empresa autogeneradora con capacidad instalada menor a 1MW, a generar electricidad para su propio consumo.

Sector Eléctrico: El Sector Eléctrico está integrado por agentes debidamente autorizados por el CONELEC para desarrollar la actividad de generación y los servicios públicos de transmisión y distribución, además los grandes consumidores. En el Sector Eléctrico se realizan las transacciones de electricidad a través de contratos de largo plazo, así como también las transacciones internacionales de electricidad.

Título Habilitante: Es un contrato de licencia para las empresas públicas y contrato de permiso o concesión para las compañías privadas, por medio del cual, el Consejo Nacional de Electricidad - CONELEC, faculta a una empresa pública o compañía privada a desarrollar actividades de generación, autogeneración o prestación de servicios de transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.

4. REQUISITOS PREVIOS A LA CALIFICACIÓN DE PROYECTOS DE AUTOGENERACIÓN

Toda persona jurídica privada que requiera desarrollar nuevos proyectos para autogeneración, deberá observar, además del procedimiento concesivo que consta en esta Regulación, lo establecido en la normativa vigente aplicable.

Los plazos que se aplicarán en los Títulos Habilitantes o Registros de los proyectos de autogeneración, se determina como el menor valor entre los plazos detallados en el ANEXO I de la presente Regulación, y el período establecido en la autorización que permita el uso del recurso natural, en los casos que fuera pertinente.

El CONELEC no receptorá solicitudes de proyectos que se quieran calificarse como autogeneradores, cuyas plantas autogeneradoras tengan una potencia nominal menor o igual a 100 kW. Este tipo de autogeneradores, deberá observar la normativa vigente aplicable para el efecto.

El interesado en calificar un proyecto de autogeneración deberá presentar la siguiente documentación al CONELEC:

- a) Carta dirigida al Director Ejecutivo del CONELEC, solicitando la calificación del proyecto como Autogenerador.

- b) Escritura de constitución de la empresa como sociedad anónima, debidamente inscrita en el Registro Mercantil del Cantón respectivo donde se especifique que su actividad social es la autogeneración de energía eléctrica; y domiciliación para empresas extranjeras. Los personas jurídicas dueñas de los consumos propios del Autogenerador deben ser también propietarias, accionistas, o tener participación en la empresa Autogeneradora, calidad que deberá ser justificada ante el CONELEC a través de los estatutos constitutivos de la compañía, y actualizarse en forma anual, dentro de los dos primeros meses de cada año, o cada vez que se decida incorporar consumos propios de personas jurídicas que constan en los estatutos originales presentados al CONELEC.
- c) Certificado de cumplimiento de obligaciones y existencia legal emitido por la Superintendencia de Compañías.
- d) Copia certificada del nombramiento del representante legal.
- e) Factibilidad de Conexión al Sistema de Transmisión o Distribución, otorgada por el Transmisor o una Distribuidora, según corresponda y en los casos que aplique. Para el otorgamiento de la factibilidad de conexión, se deberá observar lo establecido en la normativa vigente aplicable.
- f) Memoria descriptiva de la planta de autogeneración, con las especificaciones generales del equipo a ser instalado, tipo de central, ubicación, implantación general, característica de la línea de conexión a los sistemas de transmisión o distribución, cuando sea aplicable. La información debe ser entregada en medio físico y digital (original y copia).
- g) Estudio de prefactibilidad de la planta de autogeneración, desarrollado por el interesado bajo las normas que el CONELEC establezca para el efecto. Este estudio deberá demostrar el uso óptimo del recurso, sin disminuir la potencialidad de otros proyectos existentes que tengan relación directa con éste o que puedan desarrollarse a futuro. La información deberá ser entregada en medio físico y digital (original y copia).
- h) Certificado de solvencia económica, emitido por una entidad financiera, que le permita al solicitante emprender, al menos, con los estudios de factibilidad del proyecto y complementariamente una carta de intención para el financiamiento del proyecto proveniente de una entidad financiera nacional o extranjera, legalmente constituida y facultada para operar como tal.
- i) Certificado de intersección definitivo otorgado por el Ministerio del Ambiente que indique que el Proyecto se encuentra o no, dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. En caso de encontrarse dentro de áreas protegidas, se requiere presentar la autorización respectiva del Ministerio de Ambiente.
- j) Requisitos ambientales de acuerdo a lo que establezca la normativa vigente.

- k) Copia certificada de solicitud y aceptación del uso del recurso, por parte del organismo competente, en los casos que corresponda.
- l) Detalle de los consumos propios asociados al autogenerador. Esta información deberá incluir, ubicación del consumo propio y capacidad instalada. En caso de incluir nuevos consumos propios durante la operación comercial del generador, esta información deberá ser presentada al CONELEC, para su autorización.
- m) Los consumos propios del Autogenerador que hayan actuado como clientes regulados o grandes consumidores, deben demostrar, a través de la respectiva certificación otorgada por el CENACE y/o Distribuidora, que no mantiene pagos pendientes con el Sector Eléctrico o con un agente en particular.
- n) Proyección de la demanda de energía anual de sus consumos propios, para todo el plazo de concesión.
- o) Proyección de la producción de energía anual de la central generadora, para todo el plazo de concesión.

Para las etapas finales del proceso concesivo, previo a la obtención del Título Habilitante, el autogenerador deberá presentar los estudios de factibilidad del proyecto, y demás información solicitada por el CONELEC como parte del proceso de habilitación, de acuerdo a los plazos establecidos por este Consejo.

5. CALIFICACIÓN COMO AUTOGENERADOR

En función de la información recibida, el CONELEC podrá otorgar la calificación que acredite a la empresa como autogeneradora, siempre y cuando se cumpla con los siguientes criterios:

- a) Los estudios de proyección de demanda de energía de consumos propios y producción de la planta de autogeneradora de un proyecto, deberán evidenciar que toda la energía autogenerada estará destinada exclusivamente a abastecer parcial o totalmente la demanda de sus consumos, pudiendo existir excedentes eventualmente. Para ello, se deberá dejar constancia en los estudios, que la relación entre los excedentes y la energía autogenerada anual no será mayor al 25% para plantas de autogeneración hidráulicas o que utilicen cualquier otro tipo de energía renovable no convencional, y 5% para plantas de autogeneración térmicas, para cada año de la concesión.
- b) El CONELEC verificará que el dimensionamiento del proyecto de autogeneración asegure un uso óptimo de los recursos naturales (en los casos que competa) que utilizará para la generación de electricidad. Para proyectos hidroeléctricos, además, se deberá verificar que su incorporación al sistema eléctrico ecuatoriano no afecte a otros proyectos ya instalados o a futuros proyectos planificados para desarrollarse en la misma cuenca hidrográfica.

- c) Se deberá verificar que el proyecto no conste en el Plan Maestro de Electrificación (PME).

5.1 Procedimiento para obtención del Título Habilitante

Las empresas interesadas en obtener un Título Habilitante como autogenerador, deberán presentar al CONELEC, una carta dirigida al Director Ejecutivo del CONELEC, solicitando la calificación del proyecto como autogenerador incluyendo toda la documentación señalada en el numeral 4 de la presente Regulación, y demás información que pueda solicitar este Consejo de conformidad con la normativa vigente.

Para el caso de proyectos de autogeneración mayores a 1 MW, el autogenerador deberá obtener, en primera instancia, un Certificado de Calificación, como documento previo a la obtención del Título Habilitante. En la emisión de este certificado, el CONELEC determinará el plazo máximo que tendrá la empresa interesada para la firma del Título Habilitante como autogenerador, una vez haya cumplido con la entrega de toda la información requerida por este Consejo dentro del periodo establecido.

Las empresas interesadas en obtener un registro como autogenerador menor a 1 MW, deberán tramitar el mismo, siguiendo los procedimientos establecidos en la normativa vigente para generadores menores a 1 MW.

A los proponentes de proyectos de autogeneración mayores a 1 MW que, por causas atribuibles a ellos, no logren suscribir el Título Habilitante dentro del plazo establecido por el CONELEC en el Certificado de Calificación emitido; se les revocará inmediatamente dicho certificado, y todos los trámites presentados al CONELEC por estos quedarán invalidados inmediatamente. Los proyectos de autogeneración menores a 1 MW que se encuentren en esta circunstancia, se les revocará todos los trámites presentados al CONELEC.

Una vez que el proponente de un proyecto de autogeneración, cumpla con la entrega de información y demás requerimientos establecidos por el CONELEC en el proceso de obtención del Título Habilitante o Registro, este proyecto suscribirá con el CONELEC el mencionado documento habilitante para participar en el sector eléctrico como autogenerador con un plazo de concesión, de acuerdo a lo señalado en el Anexo 1 de la presente Regulación. En el Título Habilitante o Registro, se incluirán todas las condiciones establecidas en la presente Regulación. Adicionalmente, el Título Habilitante o Registro, deberá incluir la ubicación de la planta de autogeneración y de las instalaciones que conforman los consumos propios del autogenerador, así como la potencia instalada de cada consumo propio.

Antes del inicio de la construcción de la planta de autogeneración, la empresa autogeneradora deberá demostrar la propiedad de los terrenos, y antes del inicio de la operación comercial deberá certificar que las instalaciones que conformarán

el proyecto de autogeneración, son de propiedad de la empresa que solicitó la calificación ante el CONELEC.

6. OPERACIÓN COMERCIAL DE LOS AUTOGENERADORES

6.1 Sistema de medición

Los autogeneradores tipo A y B, para la medición de la energía generada, y tipo B, para la medición de la energía de sus consumos propios, deberán observar lo establecido en la Regulación No. CONELEC 005/06 "Sistema de Medición Comercial del Mercado Eléctrico Mayorista – MEM", o aquella que la modifique, complemente o sustituya.

Los consumos propios cuya potencia instalada sea mayor a 650 kW, deberá utilizar el mismo sistema de medición para cargas menores a 650 kW que se establece en la Regulación No. CONELEC 005/06, o aquella que la modifique, complemente o sustituya.

6.2 Incorporación de nuevos consumos propios

Durante la operación comercial, los autogeneradores podrán incorporar nuevos consumos propios, adicionales a los que se registraron en su Título Habilitante. Para esto, deberán observar lo establecido en la Disposición General Primera de la Regulación No. CONELEC 013/08, o la que le modifique, complemente o sustituya, además de lo señalado en el numeral 4 de la presente Regulación, respecto de la actualización de información al CONELEC en el proceso de incorporación o cambio de condiciones de los consumos propios. Para la instalación de los equipos de medición de los nuevos consumos propios, se deberá observar lo señalado en el numeral 6.1 de la presente Regulación.

Las incorporaciones y retiros de los consumos propios, deberán quedar registrados como modificaciones a los Títulos Habilitantes otorgados por el CONELEC originalmente.

6.3 Cambio de condición de consumos

Cuando un consumo propio desee cambiar su condición de consumo a cliente regulado, o viceversa, deberá observar lo establecido en la Disposición General Primera de la Regulación No. CONELEC 013/08, o la que le modifique, complemente o sustituya, además de lo señalado en el numeral 4 de la presente Regulación, respecto de la actualización de información al CONELEC en el proceso de incorporación o cambio de condiciones de los consumos propios. Los cambios de condición de consumos propios, deberán quedar registrados como modificaciones a los Títulos Habilitantes otorgados por el CONELEC originalmente.

La distribuidora, inmediatamente reciba la notificación de autorización de cambio de condición de consumo propio a cliente regulado, deberá determinar la

categoría de cliente regulado a la que pertenecería el solicitante, de acuerdo a lo establecido en el pliego tarifario vigente, información que deberá ser notificada al autogenerador.

Para la medición de la energía de los clientes regulados que pasan a ser consumos propios de un autogenerador, se deberá observar lo señalado en el numeral 6.1 de la presente Regulación.

6.4 Despacho de la producción de un autogenerador

El CENACE despachará a los autogeneradores, en función de sus costos variables de producción, reportados en función de la normativa vigente.

6.5 Liquidación de los autogeneradores tipo A y B

Las liquidaciones de un autogenerador en el Sector Eléctrico serán realizadas por el CENACE de acuerdo a lo que se establece en esta Regulación. Cuando se trate de liquidaciones debido a consumos propios, se deberá especificar el nombre del consumo propio que correspondiere (por cada punto de medición) y el autogenerador al que pertenece.

6.5.1 Determinación de la energía excedente o energía consumida de la red

El CENACE calculará mensualmente, en función de los registros horarios, la energía excedente y/o la energía consumida de la red, de cada autogenerador, en base a:

- a) Energía neta entregada o recibida de la red, para los autogeneradores tipo A.
- b) Las mediciones de la energía autogenerada y las mediciones de los consumos propios para los autogeneradores tipo B.

Para el cálculo de estas energías deberá observar lo siguiente:

6.5.1.1 Autogenerador Tipo A

La energía neta registrada, en el punto de conexión con los sistemas de transmisión o distribución, determinará la existencia de excedentes o energía consumida de la red.

6.5.1.2 Autogenerador Tipo B

La energía excedente, o la energía consumida de la red, para cada autogenerador, se calcularán como la diferencia entre la energía autogenerada, y la sumatoria de la energía registrada en cada uno de sus consumos propios en el punto de conexión con el transmisor o distribuidor, aplicando la siguiente fórmula:

$$\Delta E = E_{AG} - \sum_{i=1}^n E_{mi} \rightarrow \begin{cases} \Delta E > 0 \rightarrow E_{ex} = \Delta E \wedge E_{crT} = 0 \\ \Delta E < 0 \rightarrow E_{cr} = |\Delta E| \wedge E_{ex} = 0 \end{cases}$$

Donde:

- ΔE es la diferencia entre la energía autogenerada y la sumatoria de la energía consumida por todos los consumos propios.
- E_{AG} es la energía autogenerada.
- E_{mi} es la energía registrada por el medidor del consumo propio "i".
- E_{ex} es la energía excedente.
- E_{crT} es la energía consumida de la red total.

En caso de que se determine que existe energía consumida en la red, esta debe ser distribuida proporcionalmente a cada consumo propio, para que sea facturada por las distribuidoras donde se ubiquen dichos consumos propios, aplicando la fórmula que se presenta a continuación:

$$E_{cr_i} = E_{crT} \left(\frac{E_{mi}}{\sum_{i=1}^n E_{mi}} \right)$$

Donde:

- E_{cr_i} es la energía consumida de la red por el consumo propio "i".
- E_{crT} es la energía consumida de la red total.
- E_{mi} energía registrada por el medidor del consumo propio "i".
- n número total de consumos propios asociados al autogenerador.

Esta información deberá ser consolidada por el CENACE.

6.5.2 Determinación de la energía para pago de peajes de energía de los autogeneradores tipo B

La energía que el autogenerador deberá pagar por concepto de peajes de energía, será la registrada en los medidores de cada consumo propio menos la energía consumida de la red por cada uno de ellos, en caso existiera.

6.5.3 Liquidación de energía excedente, energía consumida de la red, y peajes

6.5.3.1 Liquidación de los excedentes de un autogenerador

Los excedentes calculados de acuerdo a lo que se señala en el numeral 6.5.1 de la presente Regulación, serán liquidados por el CENACE, con un precio igual a sus costos variables de producción declarados de acuerdo a lo establecido en la normativa vigente.

6.5.3.2 Liquidación de la energía consumida de la red

Si al final del mes, el CENACE determinara la existencia de energía consumida de la red por los consumos propios de un autogenerador tipo B, o por el consumo propio y/o sistemas auxiliares de un autogenerador tipo A; deberá informar a la distribuidora donde se encuentre conectado físicamente cada consumo propio, en el caso del autogenerador tipo B, y la planta de generación en el caso del autogenerador tipo A; para que facture esta energía de forma similar a un cliente regulado, aplicando los cargos tarifarios respectivos, dependiendo de la categorización que corresponda a cada consumo propio, según lo que establece el pliego tarifario vigente. Para esto, el autogenerador deberá suscribir un contrato de conexión las distribuidoras, de acuerdo a lo que establece la normativa vigente. Los rubros antes indicados, deberán constar en facturas que emitan las distribuidoras a nombre del autogenerador, por concepto de venta de energía del correspondiente consumo propio. Si en ese mismo mes, el autogenerador debe pagar peajes, a estos no se les deberá facturar potencia.

Las plantas autogeneradoras que estén conectadas directamente al sistema de transmisión, y requieren el suministro de energía, ya sea para servicios auxiliares en el caso del tipo B, o para consumos propios y servicios auxiliares en el caso del tipo A, esta energía deberá ser liquidada de forma similar a los servicios auxiliares de un generador conectado al Sistema de Transmisión.

6.5.3.3 Liquidación de peajes

El CENACE, de acuerdo a lo indicado en el numeral 6.5.2 de la presente Regulación, informará a las distribuidoras, la energía total consumida, energía consumida de la red, y potencia máxima demandada en el mes, por cada consumo propio.

De igual manera, informará al transmisor, las mediciones de demanda máxima de cada consumo propio, para la facturación del peaje de transmisión, en los casos que corresponda.

Los peajes de transmisión y distribución serán aquellos calculados por el CONELEC de acuerdo a la normativa y pliego tarifario vigentes. El peaje de distribución será el que le corresponda a la distribuidora donde se encuentre conectado físicamente cada consumo propio a liquidar. La liquidación de los peajes deberá identificar el consumo propio liquidado, pero la factura que emitan tanto las distribuidoras como el Transmisor, deberá estar a nombre de la empresa autogeneradora.

Los autogeneradores que utilicen líneas privadas para la evacuación de su energía deberán observar lo establecido en el Reglamento para el Libre Acceso a los Sistemas de Transmisión y Distribución.

6.5.4 Consideraciones generales

En el proceso de liquidación se deberá observar lo siguiente:

- a) Las distribuidoras deberán realizar mensualmente un reajuste de su demanda regulada, incluyendo como parte de esta, la energía facturada a autogeneradores por concepto de venta de energía a sus consumos propios, y excluyendo aquella demanda de consumos propios que haya sido abastecida directamente por el autogenerador.
- b) Para la determinación de los cargos por potencia reactiva de los consumos propios que estén conectados al sistema nacional de transmisión, se aplicará el mismo procedimiento que para un agente gran consumidor. En este caso, el CENACE será el encargado de la liquidación de estos cargos, según la normativa vigente.
- c) Únicamente la energía consumida de la red, de consumos propios conectados directamente al sistema de transmisión, deberá pagar los valores correspondientes a PRPD, en caso exista, y servicios complementarios.
- d) Para la determinación del factor de penalización por bajo factor de potencia - Bfp, de consumos propios que estén conectados directamente a los sistemas de distribución, las distribuidoras utilizarán la misma fórmula aplicada para clientes regulados, de acuerdo a lo que establezca el Pliego Tarifario vigente. Para esto, el CENACE deberá reportar la información de energía activa y reactiva total registrada en ese mes, o en su defecto, el factor de potencia promedio registrado en los medidores de los consumos propios. Para el cálculo del valor de la penalización, el Bfp deberá ser multiplicado por la facturación de los peajes de distribución que le corresponda al consumo propio en ese mes. Este valor deberá constar en la misma factura, pero como un rubro independiente, que la distribuidora genera al autogenerador por concepto de pago de peajes.

6.6 Verificación de la condición de autogenerador

Una vez que el autogenerador haya entrado en operación comercial, el CONELEC, realizará una evaluación anual de los excedentes comercializados por este, en ese periodo; para lo cual, solicitará la información necesaria tanto al CENACE como a las empresas eléctricas de distribución. En caso de que la energía total de los excedentes registrados durante el año, respecto del total de energía producida por autogeneradores en el mismo periodo, resultaren mayores al 25% para autogeneradores hidráulicos o que utilicen energías renovables no convencionales, y 5% para autogeneradores térmicos, el CONELEC solicitará a la empresa autogeneradora las justificaciones respectivas. El CONELEC evaluará las mismas, y en caso determine que no son valederas, procederá al retiro del Título Habilitante o Registro.

Los autogeneradores en trámite de retiro del Título Habilitante o Registro, podrán presentar una nueva solicitud al CONELEC para el trámite de un Título Habilitante o Registro, como generadores, para lo cual deberán observar la normativa vigente aplicable en el momento que ocurra este hecho. Los autogeneradores hidráulicos o que utilicen energías renovables no convencionales, podrán seguir entregando su producción energética al sistema eléctrico ecuatoriano, desde el inicio de la revocatoria de su Título Habilitante o Registro, hasta un año calendario posterior a este evento. Las condiciones de despacho no cambiarán; sin embargo, toda su producción energética será remunerada con sus costos variables de producción reportados, de acuerdo a la normativa vigente. Una vez transcurrido el año, el Título Habilitante o Registro, quedará revocado automáticamente. Esta condición deberá constar en el Título Habilitante o Registro que firme con el CONELEC.

7. OPERACION DE INSTALACIONES DE TRANSMISION PRIVADAS O PARTICULARES

Si como consecuencia de la excepción contenida en el Artículo 35 de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, el CONELEC autoriza a un Autogenerador a construir una red privada de transmisión para conectarse desde su planta de generación al Sistema Nacional Interconectado, para su operación y mantenimiento, observará lo establecido en la normativa vigente, en la parte pertinente, y coordinará sus acciones con el CENACE y el Transmisor, para la correspondiente supervisión y control, misma que se realizará conforme a lo establecido en la normativa vigente y en el Título Habilitante respectivo.

8. AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN

Las ampliaciones de la capacidad de generación de un autogenerador tipo A y B, serán autorizadas siempre y cuando esto no determine que la relación entre su energía excedente anual proyectada y su energía autogenerada anual proyectada sea mayor a 25%, para plantas de autogeneración hidráulicas o que utilicen cualquier otro tipo de energía renovable no convencional, y 5% para plantas de autogeneración térmicas. Esta condición deberá ser verificada por el CONELEC, como requisito indispensable en el trámite de solicitud de ampliación que presente el autogenerador.

Además de esto, los autogeneradores deberán cumplir con todos los requerimientos ambientales y concesivos vigentes, para la autorización de la ampliación de capacidad de proyectos de generación.

En cualquier caso, las ampliaciones de capacidad de generación, no implicarán modificaciones en los plazos de los Títulos Habilitantes otorgados a los autogeneradores originalmente.

9. INFORMACIÓN SOLICITADA POR EL CONELEC, CENACE Y DISTRIBUIDORAS

El autogenerador deberá entregar al CONELEC toda la información correspondiente a su empresa, conforme indique la normativa vigente y aplicable para este caso.

El autogenerador deberá registrar y entregar al CENACE la información técnica relacionada a su planta autogeneradora, para el proceso de despacho; y a las distribuidoras, la correspondiente a las instalaciones de sus consumos propios, para la conexión a las redes de distribución; en los formatos que estos establezcan para el efecto.

10. TASAS, IMPUESTOS Y DEMAS GRAVAMENTOS

A la distribuidora, en cuya área de servicio se encuentre conectado físicamente el consumo propio de un autogenerador, se le entregará la siguiente información:

- a) El CENACE reportará la información necesaria para la liquidación de los consumos propios en caso de que estos deban ser facturados por la distribuidora, de forma similar a un cliente regulado, de acuerdo a lo establecido en la presente Regulación.
- b) Las distribuidoras consolidarán la información de peajes y energía facturada de forma similar a un cliente regulado, a efectos de aplicar tasas, impuestos y gravámenes.
- c) La distribuidora, en su condición de agente de retención, presentará una factura al autogenerador por este consumo propio, incluyendo las tasas, impuestos y demás gravámenes que correspondan al consumo propio en cuestión.

El Transmisor, deberá proceder de forma similar para la facturación de los peajes de transmisión.

11. CONTRIBUCIONES

Los pagos por concepto de contribuciones al CONELEC y otras aplicables a los autogeneradores, serán calculados de acuerdo a la magnitud de la potencia instalada del autogenerador, conforme a lo establecido en la normativa vigente aplicable.

Para el caso específico de las contribuciones para el CENACE, esta Corporación será la que determine el monto de dichas contribuciones en función de la metodología establecida para el efecto.

12. REVERSIÓN DE BIENES AL ESTADO

Los autogeneradores, una vez cumplido el plazo otorgado en el respectivo Título Habilitante, no deberán revertir sus bienes al Estado.

13. CASOS ESPECIALES DE AUTOGENERADORES

Los autogeneradores ubicados en sistemas aislados del sistema nacional interconectado o en zonas protegidas, deberán observar las disposiciones constantes en la normativa específica vigente aplicable.

13.1 AUTOGENERADORES QUE UTILICEN ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES

Los autogeneradores que utilicen energías renovables no convencionales, no podrán acogerse al esquema de plazo, precios y despacho preferente, vigente en la Regulación No. CONELEC 001/13 "Participación de los generadores de energía eléctrica producida con Recursos Energéticos Renovables No Convencionales", o aquella que la modifique, complemente o sustituya, para comercializar su energía en el sector eléctrico ecuatoriano.

14. INCENTIVOS PARA AUTOGENERADORES QUE UTILICEN ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES

Los autogeneradores que utilicen energías renovables no convencionales, podrán acceder a los esquemas de incentivos para el desarrollo y producción más limpia, establecidos en los artículos 233 hasta el 235 del Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones, publicado en el Suplemento del Registro Oficial No. 351 de 29 de diciembre de 2010.

De igual forma, estos proyectos podrán acceder a los beneficios señalados en el artículo 67 de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico.

15. DISPOSICIONES GENERALES

Primera: Los autogeneradores que apliquen para la obtención de un Título Habilitante o Registro en el CONELEC, a partir de la emisión de la presente Regulación, no deberán observar las disposiciones contenidas en el Capítulo II de la Regulación No. CONELEC 004/09 "Regulación Complementaria No. 2 para la aplicación del Mandato Constituyente No. 15", para su participación en el sector eléctrico ecuatoriano.

Segunda: Hasta que el CONELEC emita una normativa específica para la emisión de la factibilidad de conexión, los proponentes de proyectos de autogeneración deberán aplicar lo establecido en el numeral 9 de la Regulación No. CONELEC 001/13 "Participación de generadores de energía eléctrica producida con Recursos Energéticos Renovables no Convencionales", o aquella que la complemente, modifique o sustituya.

Tercera: El proceso de calificación establecido en el numeral 5, que deban seguir los autogeneradores menores a 1 MW, hasta que no se defina en una normativa específica para este fin, será el mismo que el señalado para generadores menores a 1 MW en la Regulación No. CONELEC 002/13 "Procedimiento de Calificación y Registro de los Proyectos de Generación de Energías Renovables No Convencionales menores a 1MW."

Cuarta: Las empresas públicas que requieran participar en el sector eléctrico con proyectos de autogeneración, deberán cumplir con los requisitos exigidos para proyectos de generación públicos. El precio de los excedentes que comercialicen en el mercado será igual a los costos variables de producción de la planta autogeneradora.

Quinta: Los interesados en desarrollar proyectos de autogeneración, mayores a 100 kW, que no operen en sincronía de la red, deberán registrarse ante el CONELEC, previo a su operación. Para esto, el CONELEC determinará la información que deberán presentar como parte de este registro.

Sexta: Los autogeneradores que se encuentren en operación comercial, a la fecha de la aprobación de la presente Regulación, deberán cumplir las obligaciones constantes en sus respectivos contratos; sin embargo, no se podrán aprobar ampliaciones de la capacidad de sus plantas de generación, hasta que el CONELEC defina el tratamiento para nuevos proyectos de generación privada.

Séptima: A partir de la aprobación de la presente Regulación, el CENACE dispondrá de 60 días para realizar las adecuaciones a sus procesos técnicos y comerciales, de forma de cumplir con los criterios establecidos en esta Regulación.

Octava: Las disposiciones establecida en la presente Regulación, en temas de despacho de las plantas de autogeneración, precio de excedentes, procedimientos concesivos para otorgamiento del Título Habilitante como Autogenerador, determinación y liquidación de excedentes, prevalecerá sobre cualquier otra norma emitida por este Consejo, incluso, las Regoluciones emitidas para la aplicación del Mandato Constituyente No. 15.

16. DISPOSICIONES REFORMATORIA

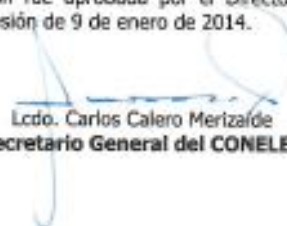
Única: Sustitúyase el texto del numeral 6.4 de la Regulación No. CONELEC 003/11 «Determinación de la metodología para el cálculo del plazo y de los precios referenciales de los proyectos de generación y autogeneración», por el siguiente:

«El precio que se reconocerá a los excedentes de energía de los autogeneradores, será aquel definido en la normativa específica que se emita para el tratamiento de este tipo de proyectos.»

17. DEROGATORIA

La presente Regulación sustituye a la Regulación No. CONELEC 001/02, por tanto esta última queda derogada en todas sus partes.

Certifico que esta Regulación fue aprobada por el Directorio del CONELEC, mediante Resolución No. 002/14, en sesión de 9 de enero de 2014.


Lcdo. Carlos Calero Merizalde
Secretario General del CONELEC

ANEXO I

PLAZOS A SER CONSIDERADOS EN LOS TÍTULOS HABILITANTES Y REGISTROS

TIPO DE CENTRAL Y RANGO DE POTENCIA	PLAZO PARA PROYECTOS DE AUTOGENERACIÓN (AÑOS)
Vapor	30
MCI < 514 rpm	20
MCI 514 – 900 rpm	15
MCI > 900 rpm	7
Gas Industrial	20
Gas Jet	7
Eólicas	25
Fotovoltaicas	20
Biomasa – Biogas	15
Geotérmicas	30
Hidro 0 – 0,49 MW	20
Hidro 0,5 – 4,99 MW	30
Hidro – 5 – 49,99 MW	40
Hidro ≥ 50 MW	50



BIBLIOGRAFÍA

- ARCONEL. (31 de 12 de 2015). Art. *Pliego Tarifario para las empresas eléctricas. Servicio Público de Energía Eléctrica*. De <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/02/Pliego-y-Cargos-Tarifarios-2016-01-02-2016.pdf> Pag.25
- CONELEC. (2008). Art. Atlas Solar del Ecuador. *Corporación para la Investigación Energética*, Pag 49.
- Conelec. (2014). *Regulación 001/14*. Quito.
- (2008). *CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR*.
- Instituto de Energia Solar. (Enero de 2017). Art. *Gráficos significativos energía solar*. De http://www.ies.upm.es/sfs/IES/IES-UPM/Portada/2017_01_17%20datos%20fotovoltaica%20en%20Espa%C3%B1a.pdf Pag. 23-25.
- Levelized Cost of Energy Analysis 10.0*. (15 de 12 de 2016). De <https://www.lazard.com/perspective/levelized-cost-of-energy-analysis-100/>
- (2015). *LEY ORGÁNICA DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA*.
- Olabuénaga, R. (2007). Libro Sociología de las Organizaciones Complejas Pag. 170
- Pelegry, E. Á. (2016). *Transición Energética en Alemania*.
- Piacente, P. J. (16 de Marzo de 2011). Art. *Tendencias de la Ingeniería*. De https://www.tendencias21.net/Una-pequena-ciudad-canadiense-acoge-la-mayor-instalacion-fotovoltaica-del-mundo_a6001.html
- Principio de funcionamiento de paneles solares*. (Abril de 2017).De <https://panelessolaresfotovoltaicosgratis.com/principio-funcionamiento-los-paneles-solares-fotovoltaicos/>
- Metodología de la Investigación (1997) (Hernández, Carlos, & Baptista, 1997, págs. 259-261).
- SunFields Europe*. (s.f.). Obtenido de Inversor solar fotovoltaico: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/equipos-solares-ondulador-o-inversor-fotovoltaico/>