



**UNIVERSIDAD ESAN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**Propuesta de uso de energía solar para el suministro de energía eléctrica y  
mejora de la eficiencia energética en la Universidad ESAN**

Trabajo de Investigación para optar el grado de Ingeniero en Gestión Ambiental, que presenta:

Reyes Angeles, Elizabeth Cristina

Asesor: Juan Angulo Escudero

Lima, junio 2019

**Propuesta de uso de energía solar para el suministro de energía eléctrica y  
mejora de la eficiencia energética en la Universidad ESAN**

## INDICE GENERAL

RESUMEN .....	8
ABSTRACT.....	8
INTRODUCCIÓN .....	10
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
1.1. Descripción de la Realidad Problemática .....	7
1.2. Formulación del Problema.....	9
1.2.1. Problema General. ....	11
1.2.2. Problemas Específicos.....	11
1.3. Objetivos de la Investigación.....	11
1.3.1. Objetivo General.....	11
1.3.2. Objetivos Específicos. ....	12
1.4. Hipótesis .....	12
1.4.1. Hipótesis general. ....	12
1.4.2. Hipótesis específicas.....	12
1.5. Variables e indicadores.....	13
1.5.1. Definición conceptual.....	14
1.5.2. Definición operacional. ....	14
1.5.3. Matriz de consistencia. ....	15
1.6. Justificación de la Investigación .....	15
1.6.1. Teórica.....	16
1.6.2. Práctica.....	16
1.6.3. Metodológica.....	17
1.7. Delimitación del estudio .....	17
1.7.1. Espacial.....	18
1.7.2. Temporal.....	18
1.7.3. Conceptual.....	18
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	19
2.1. Antecedentes de la investigación .....	19
2.1.1. Tesis relacionadas.....	19
2.1.2. Artículos relacionados.....	23

2.2.	Bases teóricas.....	24
2.2.1.	Energías renovables.....	25
2.2.1.1.	Energía solar.....	25
2.2.1.2.	Energía eólica.....	31
2.2.1.3.	Energía hidráulica.....	31
2.2.1.4.	Energía de la biomasa.....	32
2.2.1.5.	Energía geotérmica.....	32
2.2.1.6.	Energía del mar.....	33
2.2.2.	Sistema fotovoltaico.....	34
2.2.2.1.	Tipos de sistemas fotovoltaicos.....	34
2.2.2.2.	Componentes de un sistema fotovoltaico aislado.....	35
2.2.2.3.	Factores que afectan el rendimiento de un Panel Fotovoltaico.....	41
2.2.2.4.	Mantenimiento de un sistema Fotovoltaico.....	43
2.2.3.	Eficiencia energética.....	43
2.2.3.1.	Eficiencia energética en la edificación.....	44
2.2.3.2.	Indicadores de eficiencia energética.....	46
2.2.4.	Marco legal.....	50
2.2.4.1.	Política Energética de Estado Perú 2010-2040 (Decreto Supremo n° 064-2010-EM). 50	
2.2.4.2.	Ley de promoción de uso eficiente de la energía y su reglamento.....	50
2.2.4.3.	Ley de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables (Decreto Legislativo N° 1002).....	50
2.2.4.4.	Reglamento de la Ley de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables (D.S. N° 012-2011-EM).....	51
2.2.4.5.	Plan energético Nacional 2014-2025.....	51
2.3.	Marco conceptual.....	51
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....		54
3.1.	Diseño de la investigación.....	54
3.1.1.	Diseño.....	54
3.1.2.	Tipo – Nivel de la investigación.....	54
3.1.3.	Enfoque de la investigación.....	55
3.2.	Metodología de implementación de la solución.....	55
3.2.1.	Población y muestra.....	55

3.3.	Técnicas de recolección de datos .....	57
3.3.1.	Operacionalización de Variables.....	58
3.4.	Técnicas de análisis de recolección .....	58
3.5.	Cronograma de actividades y presupuesto.....	59
CAPÍTULO IV: ENTORNO EMRESARIAL.....		64
4.1	Descripción de la organización .....	64
4.1.1	Campus y aulas.....	64
4.1.2	Fablab ESAN.....	64
4.1.3	Convention & Sport Center.....	65
4.2	Reseña histórica y actividad económica .....	65
4.3	Estructura organizacional.....	67
4.4	Visión, misión y valores o principios .....	67
4.4.1	Misión.....	67
4.4.2	Visión.....	67
CAPÍTULO V: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN .....		69
5.1	Determinación y evaluación de alternativas de solución.....	69
5.2	Propuesta de solución .....	71
5.2.1	Planeamiento y descripción de actividades.....	71
5.2.1.1	Datos meteorológicos.....	71
5.2.1.2	Demanda energética.....	71
5.2.1.3	Diseño y dimensionamiento.....	72
5.2.1.4	Materiales.....	72
5.2.1.5	Costo.....	72
5.2.1.6	Montaje y seguridad.....	72
5.2.1.7	Mantenimiento .....	72
5.2.2	Desarrollo de actividades .....	73
5.2.2.1	Cuantificación de parámetros meteorológicos .....	73
5.2.2.2	Demanda energética .....	76
5.2.2.3	Estimación de emisiones de GEI.....	81
5.3	Medición de la solución .....	82
5.3.1	Dimensionamiento y diseño del sistema fotovoltaico.....	82
5.3.1.1	Paso 1: Estimación del consumo .....	82

5.3.1.2	Paso 2. Cálculo del ángulo óptimo de inclinación de los paneles.....	83
5.3.1.3	Paso 3. Dimensionado del generador fotovoltaico.....	83
5.3.1.4	Paso 4. Dimensionado de baterías.....	88
5.3.1.5	Paso 5. Dimensionado del regulador.....	90
5.3.1.6	Paso 6. Dimensionado del inversor.....	92
5.3.1.7	Paso 7. Dimensionado de la estructura.....	93
5.3.2	Simulación de solución.....	94
5.3.2.1	Sistema fotovoltaico.....	94
5.3.2.2	Análisis de emisiones (GEI).....	96
5.3.2.3	Eficiencia energética.....	97
CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN ECONÓMICA PREVIA Y POSTERIOR A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....		111
6.1	Inversión.....	111
6.2	Operación y mantenimiento.....	112
6.3	Ingresos.....	112
6.3.1	Ahorro en consumo eléctrico.....	113
6.3.2	Ahorro por eficiencia energética.....	114
6.3.3	Venta de bonos de carbono.....	114
6.4	Flujo de caja del proyecto.....	115
6.5	Indicadores de rentabilidad.....	120
6.5.1	Valor Actual Neto (VAN).....	120
6.1.1	Tasa Interna de Retorno (TIR).....	120
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		122
6.1	Conclusiones.....	122
6.2	Recomendaciones.....	123
Bibliografía.....		124
ANEXOS.....		130
Anexo I: Mapa de Irradiancia Solar promedio anual.....		131
Anexo II: Árbol de problemas.....		132
Anexo III: Matriz de consistencia.....		133
Anexo IV: Modelo de encuestas.....		135

Anexo V: Panel fotográfico de los 3 pisos del edificio D.....	141
Anexo VI: Panel fotográfico del techo del edificio D .....	146
Anexo VII: Panel fotográfico del Monitoreo de parámetros meteorológicos.....	149
Anexo VIII: Resultados del Monitoreo de parámetros meteorológicos .....	150
Anexo IX: Hojas técnicas de los equipos usados para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico .....	163

## RESUMEN

Cerca del 90% de la actividad humana urbana se desarrolla en el interior de edificios, ya sea en los hogares, en el trabajo o en otras actividades. Los edificios requieren cuantiosas cantidades de energía para la iluminación, aire acondicionado, ascensores o escaleras eléctricas, entre otros, y son responsables del 40 % de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Por ello, este estudio se enfoca en realizar una propuesta para el aprovechamiento de energías renovables, mediante el dimensionamiento y diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica de tres pisos del edificio D de la Universidad ESAN, ubicada en el distrito de Santiago de Surco – Lima. Además, se estimará la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub>eq generadas por los equipos utilizados en dichos pisos y se evaluará la eficiencia energética pre y post propuesta de uso del sistema fotovoltaico.

Para realizar este estudio se utilizó la metodología de auditorías energéticas, monitoreo de parámetros meteorológicos y encuestas a alumnos, profesores y trabajadores que utilizan las instalaciones del edificio D de la Universidad, obteniendo como principales resultados que los equipos que más consumen más energía eléctrica son las luminarias y el aire acondicionado. En el dimensionamiento se obtuvo una cantidad de 155 paneles solares, 374 baterías, 2 reguladores y 79 inversores, que cubren el 18.6% de la energía eléctrica demandada por los 3 pisos elegidos.

**Palabras clave:** Energía solar, Sistema fotovoltaico, Energía eléctrica, Eficiencia energética.

## ABSTRACT

About 90% of urban human activity takes place inside buildings, whether it is in homes, at work or in other activities. Buildings require large amounts of energy for lighting, air conditioning, elevators or escalators, among others, and are responsible for 40% of CO<sub>2</sub> emissions.

Therefore, this study focuses on making a proposal for the use of renewable energy, through the design of a photovoltaic system for the supply of electrical power of 3 floors of the building D of ESAN University, located in the district of Santiago of Surco - Lima. In addition, the

amount of CO<sub>2</sub>eq emissions generated by the equipment used in these floors will be estimated and the energy efficiency will be evaluated before and after the use of the photovoltaic system.

To carry out this study, the methodology of energy audits, monitoring of meteorological parameters and surveys of students, professors and workers who use the facilities of the D building of the University were used, obtaining as main results that the equipment that consumes the most electrical energy are lighting and air conditioning. In the dimensioning, an amount of 155 solar panels, 374 batteries, 2 regulators and 79 inverters were obtained, covering 18.6% of the electrical energy demanded by the 3 floors chosen.

**Keywords:** Solar energy, Photovoltaic system, Electric power, Energy efficiency.

## INTRODUCCIÓN

Cada día se registran niveles más críticos de contaminación en el ambiente, esto se debe principalmente a la generación de energía a partir de energías fósiles, los cuales generan altas cantidades de CO<sub>2</sub>, disminuyendo la calidad del aire que respiramos y que, además, dañan irremediablemente la capa de ozono.

Esta situación sigue incentivando la búsqueda de nuevas fuentes de energía y nuevos sistemas de producción eléctrica, basados fundamentalmente, en el uso de energías renovables. En nuestro país, con la firma del protocolo de Kyoto, se incentiva la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, mediante una bonificación por tonelada de CO<sub>2</sub> no emitida. Asimismo, el Decreto Legislativo N°1002 declara de interés nacional y necesidad pública el desarrollo de nueva generación eléctrica mediante el uso de Recursos Energéticos Renovables (RER), dentro de las cuales, destaca la energía fotovoltaica.

En este contexto, este estudio tiene la finalidad de proponer la implementación de un sistema fotovoltaico, que es una tecnología que contribuirá de manera significativa a la reducción de emisiones de contaminantes, y la mejora de la eficiencia energética dentro de la Universidad ESAN. En el primer capítulo, describe la realidad problemática, los objetivos, hipótesis y justificación del estudio. En el segundo capítulo se describe el estado del arte de los sistemas fotovoltaicos y las técnicas de dimensionamiento. En los siguientes capítulos, se diseña el sistema fotovoltaico y la estructura soporte, para ello se dimensionan los componentes de acuerdo con las condiciones de sitio y demanda de energía eléctrica. El capítulo final comprende la evaluación económica y financiera del sistema fotovoltaico dimensionado, así como cálculos y comparaciones con respecto a las emisiones de CO<sub>2eq</sub>.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la Realidad Problemática**

El aumento de la población y el uso de nuevas tecnologías han provocado un incremento de la demanda de energía eléctrica, conllevando a mayores emisiones de gases de efecto invernadero (de ahora en adelante GEI), acelerando el cambio climático y a la vez repercutiendo en la economía de la población (Cieza, 2017).

El cambio climático es uno de los problemas más importantes por los que está atravesando el planeta y tiene como causa principal al efecto invernadero ocasionado por la quema de combustibles fósiles como es el petróleo y el carbón. Los causantes directos de estos impactos son los seres humanos, debido al uso indiscriminado de los combustibles fósiles (Garzón, 2010). En los últimos años la situación ha empeorado, trayendo alteraciones climáticas como sequías, lluvias, altas y bajas temperaturas; afectando a todos los seres vivientes que habitan en el planeta (Falcón, 2016).

Con el fin de disminuir los efectos del cambio climático y sus consecuencias en el ambiente, la comunidad internacional ha firmado diversos acuerdos internacionales a través del tiempo. Entre los más importantes se encuentran el Protocolo de Kioto (1997), el Acuerdo de Copenhague (2009), la Plataforma de Durban (2011) y el Acuerdo de París de diciembre del 2015. En este último, se ha planteado disminuir la temperatura global por debajo de dos grados centígrados (Osinermin, 2017).

Dos de los sectores que emiten más GEI en el mundo son la generación eléctrica y el transporte (Osinermin, 2017). Dentro de este contexto, “según la International Energy Agency (IEA - Agencia Internacional de Energía), los edificios residenciales, comerciales y de servicios fueron responsables por el 34% del consumo final de energía en 2012” (Nuñez, 2015, p. 2). Actualmente, en el sector eléctrico, las energías renovables solo cubren el 22% del consumo mundial de electricidad y en el sector transporte se están desarrollando nuevas tecnologías como automóviles eléctricos y biocombustibles para mitigar las emisiones de GEI (Osinermin, 2017).

Según el Censo del 2017, del total de viviendas particulares con ocupantes presentes, 6 millones 750 mil 790 disponen de alumbrado eléctrico conectado a la red pública; mientras que 948 mil 110 viviendas no disponen de este servicio (INEI, 2017). Nuestro país depende en un

72% de los hidrocarburos y denota una gran vulnerabilidad por la dependencia del gas natural y de un solo gasoducto (Gamio, 2017).

Con relación al crecimiento urbano, Nuñez (2015) afirma que:

Una consecuencia del crecimiento urbano es el aumento de la demanda de energía, ya que el aumento de la población conlleva al uso cada vez más acentuado de los recursos energéticos para la satisfacción de las necesidades y confort humano, como: iluminación, calefacción, refrigeración, transporte, entre otras, lo cual trae consigo la escasez de los recursos naturales y el deterioro ambiental (p.1).

Además, el crecimiento de la economía está basado en el uso de diversas fuentes de energía, por lo que se ha comenzado a dar impulso a las energías no convencionales como son la energía eólica, solar y la micro hidrogenación, permitiendo que la Matriz Energética se diversifique (Lossio, 2016). Al respecto, en los últimos años, se experimentó un incremento en el uso de combustibles como GLP y gas natural, mientras que la utilización de combustibles tradicionales como la leña, bosta, entre otros, descendió significativamente, lo cual contribuyó a disminuir la generación de CO<sub>2</sub>. A pesar de esta mejora en el uso de energías menos contaminantes, todavía existe una importante brecha que cubrir (Osinermin, 2017).

Por este motivo, “el rol del Estado es crucial para elaborar una estrategia para cambiar la matriz energética y generar oportunidades con una política energética que garantice los servicios básicos de acceso y adecuado uso de la energía, tanto para los hogares como para fines productivos” (Gamio, 2017, p.96).

Según el Decreto Legislativo N° 1002, Ley de Promoción de la Inversión en Generación de Electricidad con el uso de Energías Renovables (2008) y su Reglamento, se promueve el aprovechamiento de los Recursos Energéticos Renovables (RER) tales como: biomasa, eólico, solar, geotérmico, mareomotriz y la energía hidráulica cuando la capacidad instalada no sobrepasa de los 20 MW, en la generación de electricidad.

La cultura ambiental está entrando en la vida diaria de las personas y también a los centros educativos. Algunas de las universidades más reconocidas del mundo como Harvard, Yale, universidades europeas e incluso algunas universidades peruanas como la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Universidad Señor de Sipán, la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH), entre otras están ayudando a hacer frente al cambio climático a través de mediciones de GEI o cálculo de sus huellas de carbono, influyendo así a otras instituciones educativas para que se sumen a disminuir su impacto.

Habiendo descrito la realidad problemática, la Universidad ESAN debería formar parte de este cambio, mejorando sus procesos de gestión ambiental y aplicando nuevas tecnologías. Actualmente no existe vinculación de la institución con el uso de energías renovables en su campus educativo, sabiendo que hay un gran consumo de energía eléctrica en toda la institución. Por ello, se propone que la Universidad ESAN aproveche parte de este potencial de energías renovables que tiene en su campus, enfocándose en la energía solar, ya que es una tecnología que se hace cada vez más comercial y económica, además de otros beneficios que se desarrollarán a lo largo de este estudio.

## **1.2. Formulación del Problema**

Después de haber planteado la idea de investigación y profundizado el tema en cuestión, podemos plantear el problema de investigación. Este problema está relacionado a la delimitación del campo de investigación y los límites dentro de los que se desarrollará el proyecto. Plantear el problema es estructurar más formalmente la idea de investigación (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

Para encontrar el problema principal, se utilizará el método de priorización por factores ponderados. Los pasos que se realizan en este método son:

1. Determinar una relación de los factores relevantes.
2. Asignar un peso a cada factor que refleje su importancia relativa.
3. Fijar una escala a cada factor. En este caso será de 1 – 10.
4. Multiplicar la puntuación por los pesos para cada factor y obtener el total para cada alternativa.

Habiendo descrito la realidad problemática, sabemos que la Universidad ESAN debe encontrar una alternativa para disminuir los GEI generados por la ejecución de sus actividades y para la contribución a la mitigación del cambio climático. Por ello, se tiene que las alternativas de problema son:

A: Desaprovechamiento de energías renovables: Existe disponibilidad de energías renovables (eólica, solar, biomasa) dentro de la universidad que actualmente no están siendo utilizadas y/ aprovechada.

B: Aumento del consumo de energía eléctrica: El aumento de la cantidad de alumnos, profesores, etc., conlleva al aumento de consumo de energía eléctrica dentro de la universidad.

C: Falta de compromiso con la eficiencia energética: Actualmente, no existen proyectos o programas de sensibilización en el uso de energía eléctrica dentro de la universidad.

Para ponderar estas alternativas se utilizarán los siguientes factores:

- Facilidad para encontrar bibliografía: ¿Existe disponibilidad de información actualmente?
- Acceso a datos de la universidad: ¿Cuán probable es que la universidad nos brinde información como: consumo eléctrico, gastos por consumo, cantidad de alumnos, ¿entre otros?
- Afinidad a la línea de carrera: ¿El problema planteado está relacionado a temas ambientales?
- Afinidad por el tema: Gusto y motivación por el tema por parte del investigador.
- Facilidad de implementación: ¿Cuál de estos problemas es más probable que se implemente?

A continuación, se muestra la ponderación de problemas.

Tabla 1:

*Priorización de problemas*

Factores	Peso relativo	Alternativas		
		A	B	C
<b>Facilidad para encontrar bibliografía</b>	15%	10	9	8
<b>Acceso a datos de la universidad</b>	10%	6	5	4
<b>Afinidad a la línea de carrera</b>	40%	10	4	7
<b>Afinidad por el tema</b>	20%	9	3	8
<b>Facilidad de implementación</b>	15%	7	5	8
Puntuación total		8.95	3.09	5.25

Priorización de problemas basado en el árbol de problemas encontrado en el Anexo II

$$A: 10*0.15 + 6*0.1 + 10*0.4 + 9*0.2 + 7*0.15 = 8.95$$

$$B: 9*0.15 + 5*0.1 + 4*0.4 + 3*0.2 + 5*0.15 = 3.09$$

$$C: 8*0.15 + 4*0.1 + 7*0.4 + 8*0.2 + 8*0.15 = 5.25$$

Como se observa, la alternativa A tiene un mayor peso, por ello se escoge este problema como principal. El árbol de problemas se encuentra en el Anexo II. A continuación, se plantean el problema general y los problemas específicos.

### **1.2.1. Problema General.**

Como se ha mencionado anteriormente, en la actualidad nuestro país depende en un 72% de los combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, lo que lleva tener grandes emisiones de GEI. Esta energía es inyectada al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), el cual suministra de energía eléctrica a la mayoría de la población de nuestro país. Teniendo lo anterior en cuenta, la Universidad ESAN debe buscar una manera de contribuir con la disminución de estos GEI y el beneficio de la sociedad en general, por ello se plantea el siguiente problema general: ¿En qué medida el aprovechamiento de energía solar para el suministro de energía eléctrica mejoraría la eficiencia energética de la Universidad ESAN y disminuiría las emisiones de CO<sub>2</sub>?

### **1.2.2. Problemas Específicos.**

Tomando en cuenta las causas principales que se presentan en el Anexo II: Árbol de problemas y el problema general, se plantean los siguientes problemas específicos:

- ¿Qué efectos produce el uso de energía solar en la eficiencia energética de la Universidad?
- ¿Qué efecto produce el uso de energía solar en las emisiones de CO<sub>2</sub>?
- ¿De qué manera influyen los costos de implementación y los indicadores de medición en el uso de energías renovables?

## **1.3. Objetivos de la Investigación.**

Es necesario establecer qué pretende la investigación, para ello utilizamos los objetivos. Para Rojas (2002) “los objetivos de la investigación deben expresarse con claridad para evitar posibles desviaciones en el proceso de investigación cuantitativa y ser susceptibles de alcanzarse”; son los que guían el estudio y hay que tenerlos siempre en cuenta (Hernández, et al., 2014).

### **1.3.1. Objetivo General.**

La Universidad cuenta con disponibilidad de energía solar. Actualmente, este tipo de energía tiene diversos usos y beneficios en otras instituciones nacionales e internacionales. Este estudio se enfoca y tiene como objetivo: Mejorar la eficiencia energética y disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> en el edificio D de la Universidad ESAN a través del uso de la energía solar para el suministro de energía eléctrica, a partir del año 2020.

### **1.3.2. Objetivos Específicos.**

- Realizar el dimensionamiento y diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica para 3 pisos del edificio D de la Universidad ESAN y determinar los costos de inversión.
- Estimar la variación de emisiones de GEI, específicamente CO<sub>2</sub>eq.
- Evaluar la eficiencia energética de la Universidad ESAN pre y post propuesta de uso del sistema fotovoltaico.

### **1.4. Hipótesis**

Según Hernández et al. (2014), las hipótesis son las guías de la investigación e “indican lo que tratamos de probar y se definen como explicaciones tentativas del fenómeno investigado”. Se deben formular a manera de proposiciones y son respuestas provisionales a las preguntas de investigación (Williams, 2003 citado por Hernández et al., 2014). Las hipótesis de investigación son proposiciones tentativas acerca de las posibles relaciones entre dos o más variables. Según Hernández et al. (2014), las hipótesis de investigación pueden ser:

- a) descriptivas de un valor o dato pronosticado;
- b) correlacionales;
- c) de diferencia de grupos;
- d) causales

Para este estudio se plantea una hipótesis causal, ya que para Hernández et al. (2014), este tipo de hipótesis no solo afirma las relaciones entre dos o más variables (que se detallan en el apartado 1.5.3), sino que además establece relaciones de causa-efecto. Más específicamente, se presenta una hipótesis causal multivariada, la cual relaciona una variable independiente y varias dependientes.

#### **1.4.1. Hipótesis general.**

La hipótesis general es: El uso de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica, mejorará la eficiencia energética del edificio D de la Universidad ESAN disminuyendo las emisiones de CO<sub>2</sub> a partir del año 2020.

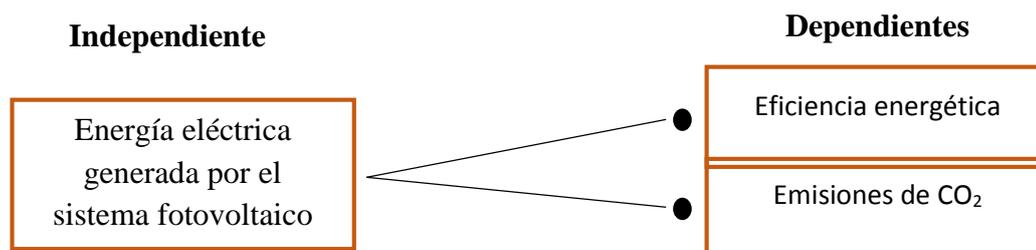
#### **1.4.2. Hipótesis específicas.**

- El dimensionamiento y diseño de un sistema fotovoltaico suministrará hasta 10% de energía eléctrica del edificio D de la Universidad ESAN, mejorando la eficiencia energética.

- Las emisiones de CO<sub>2</sub> de la Universidad ESAN disminuirán hasta 20% a partir del año 2020.
- La determinación de costos de adquisición e instalación de diversos componentes necesarios para el sistema ayudará a elegir aquellos que sean más adecuados.

### 1.5. Variables e indicadores.

“Una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse. Las variables adquieren valor para la investigación cuando llegan a relacionarse con otras variables” (Hernández, et al., 2014). Para el caso de las investigaciones causales, como este estudio, antes de establecer causalidad debe haberse demostrado correlación, asimismo, los cambios en la causa tienen que provocar cambios en el efecto. Relacionando estos conceptos con la hipótesis, a las supuestas causas se les conoce como variables independientes y a los efectos como variables dependientes (Hernández, et al., 2014).



Los indicadores nos ayudan a medir cada una de las variables. “Se podría decir que un indicador es algo que nos da algún indicio. En sentido más sofisticado, un indicador podría ser uno o varios valores estadísticos que en su conjunto constituyen un indicio” (IEA, 2016). A continuación, se mencionan los indicadores por cada variable.

- Energía eléctrica generada por el sistema fotovoltaico: cuantificación de la radiación solar promedio; número de módulos fotovoltaicos, consumo eléctrico.
- Dimensionamiento del sistema: demanda de energía, oferta de energía.
- Eficiencia energética: Se utilizará la metodología e indicadores de la International Energy Agency (IEA), además de una auditoría energética, para luminarias y aire acondicionado.
- Emisiones de GEI: Concentración de GEI, especialmente de CO<sub>2</sub>.

### **1.5.1. Definición conceptual.**

Según Kerlinger (2002); Rojas (2001) citados por Hernández et al. (2014), se tratan de definiciones de diccionarios o de libros especializados. Estas definiciones son necesarias, pero no se vinculan directamente con la realidad, por ello, los científicos deben definir las variables que se utilizan en sus hipótesis, en forma tal que puedan ser comprobadas y contextualizadas (Hernández, et al., 2014).

- Energía eléctrica generada por el sistema fotovoltaico: Energía eléctrica producida por los paneles fotovoltaicos del sistema.
- Dimensionamiento: Establecer las dimensiones exactas o el valor preciso de alguien o algo. (Oxford, 2019)
- Eficiencia energética: Para Ttacca y Mostajo (2017), la eficiencia energética “significa consumir menos energía manteniendo un nivel equivalente de actividades o prestaciones económicas. Es la relación entre la cantidad producida de un servicio o utilidad y la cantidad de energía consumida para proporcionarla”.
- Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) (CO<sub>2</sub>): Según el IPCC (2007), el aporte de cada gas de efecto invernadero durante un período específico de tiempo se halla por el cambio en su concentración atmosférica durante ese período de tiempo. “Los GEI de larga vida (GEILV), como el CO<sub>2</sub>, el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O, son químicamente estables y persisten en la atmósfera durante décadas hasta siglos o más, de modo que sus emisiones ejercen su influencia en el clima a largo plazo” (IPCC, 2007).

### **1.5.2. Definición operacional.**

Estas definiciones especifican qué actividades u operaciones deben realizarse para medir una variable. Según Hernández et al. (2014), una definición operacional nos dice que para recoger datos respecto de una variable, hay que hacer ciertas cosas, además articula los procesos o acciones de un concepto que son necesarios para identificar ejemplos de éste (MacGregor, 2006 citado por Hernández et al., 2014).

- Energía eléctrica generada por el sistema fotovoltaico: kW/h producidos al día, que permitirán conocer la eficiencia de funcionamiento del sistema.
- Dimensionamiento del sistema: número de paneles, número de baterías, número de reguladores e inversores.

- Eficiencia energética: Indicadores de eficiencia energética o auditorías de eficiencia energética, los que permitirán conocer el consumo de energía, las horas pico de consumo, el compromiso de los trabajadores y alumnos, entre otros.
- Emisiones de GEI (CO<sub>2</sub>): La Huella de carbono ayuda a conocer la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos directa e indirectamente a la atmósfera. Sus resultados se presentan en cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente.

### **1.5.3. Matriz de consistencia.**

La matriz de consistencia es un cuadro que consiste en presentar y resumir en forma adecuada, los elementos básicos del proyecto de investigación, para evaluar la coherencia y conexión lógica entre el problema, los objetivos, la hipótesis, las variables y metodología en la investigación a realizar (Vera y Ortiz, 2016). Esta matriz es presentada en el Anexo III.

## **1.6. Justificación de la Investigación**

Además de los objetivos y las preguntas de investigación, es necesario justificar el estudio explicando el para qué y/o porqué de la investigación. Se debe explicar por qué es conveniente llevar a cabo la investigación y que beneficios se derivarán de ella (Hernández, et al., 2014).

Como ya se ha mencionado, esta investigación se realiza con el propósito de aprovechar las fuentes de energía renovable dentro de la Universidad ESAN, principalmente para contribuir a la acción frente al cambio climático y mejorar la eficiencia energética. Sin embargo, también contribuiría al ahorro económico y a mejorar la imagen pública de la universidad.

Actualmente, la energía eléctrica que utiliza la Universidad ESAN proviene del SEIN que tiene como principal matriz energética a los combustibles fósiles, contribuyendo a la contaminación ambiental. Además, como se observa en el Anexo II: Árbol de problemas, el problema principal es el desaprovechamiento de las energías renovables, teniendo entre sus causas la baja conciencia ambiental dentro de la universidad y el aumento del número de alumnos; lo que representa un gasto constante y creciente. Al finalizar la investigación, la universidad contará con el diseño de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica y mejora de su eficiencia energética, lo que en un futuro podría ayudar a obtener una certificación ambiental.

El desarrollo de esta investigación pretende ayudar a mejorar la eficiencia energética dentro del sector educativo, utilizando para este caso, recursos e información propios de la

Universidad ESAN, para lo cual, previo al diseño del sistema y a la medición de la eficiencia energética, debe efectuarse el estudio pertinente en el que se contemple la evaluación de la oferta de energías renovables, la infraestructura existente y los aspectos de la demanda eléctrica.

A continuación, se presenta la justificación (teórica, práctica y metodológica) para esta investigación a más detalle.

### **1.6.1. Teórica.**

Actualmente, la energía utilizada por alumnos, profesores y colaboradores dentro de la Universidad ESAN para realizar sus trabajos o completar sus estudios, representa un factor contaminante para el ambiente y contribuye al cambio climático. Esto también representa un gasto de dinero constante y creciente debido a que la demanda energética va aumentando año tras año con el crecimiento del número de estudiantes y servicios. Además, también conocemos que la imagen que presenta la universidad como institución verde es prácticamente nula.

Esta investigación pretende cambiar estos problemas, el dimensionamiento y diseño de un sistema fotovoltaico que permitirá generar energía eléctrica dentro de la universidad, lo que va a mejorar la eficiencia energética y la imagen institucional. La Universidad necesita contar con una Política Ambiental Institucional que demuestre el compromiso ambiental con el que cuenta la Universidad para su población estudiantil y otros stakeholders involucrados, así como el país en su totalidad.

Los resultados de esta investigación podrán ser incorporados como conocimiento para otras universidades u otro tipo de instituciones educativas, ya que se demostrará que el uso de energías renovables como fuentes de generación eléctrica mejora la eficiencia energética de cualquier tipo de institución.

### **1.6.2. Práctica.**

Al finalizar la investigación, la universidad contará con el diseño de un sistema fotovoltaico para la futura generación de energía eléctrica y mejora de su eficiencia energética, lo que podría ayudar a obtener una certificación ambiental.

El diseño de este sistema brinda la posibilidad de utilizar energías no convencionales, de proteger al ambiente, de proporcionar energía requerida y de ahorrar en costos de uso de energía eléctrica.

Con la generación de energía renovable para sustentar parte del requerimiento energético de la universidad, se dispondría de una nueva opción que además de contribuir con el ambiente y con la imagen que transmite de ser una institución verde, reduciría los costos en que incide año tras año por la energía que consume.

Los beneficiarios de este proyecto serán: la Universidad ESAN como institución, los profesores, alumnos y personas que trabajen dentro de la universidad, los vecinos del distrito y otras universidades e instituciones educativas que podrán utilizar este estudio como guía. Por último, la presente investigación también pretende despertar el interés de entidades y gobiernos locales para fomentar la implementación de tecnologías limpias en sus edificaciones.

### **1.6.3. Metodológica.**

La utilización de energías renovables como fuentes de generación de energía eléctrica ayudará a mejorar la eficiencia energética de la Universidad y a la disminución de costos por consumo. El desarrollo de esta investigación pretende ayudar a dar los primeros pasos para un estudio y programa de eficiencia energética dentro del sector educativo, utilizando para este caso, recursos e información propios de la Universidad ESAN.

Por las consideraciones señaladas, previo al diseño del sistema fotovoltaico y a la medición de la eficiencia energética, debe efectuarse el estudio pertinente en el que se contemple la evaluación de la oferta de energías renovables, la demanda de energía eléctrica, la infraestructura existente y los aspectos de la demanda eléctrica. Para ello se realizarán monitoreos de parámetros meteorológicos dentro de la universidad y recorridos por los tres pisos para observar los equipos eléctricos y su tiempo de uso.

Para el dimensionamiento y diseño del sistema, se utilizarán programas informáticos como Microsot Excel y Solar Pro para la simulación del sistema y su ubicación.

### **1.7. Delimitación del estudio**

Moreno (2013) señala que, “delimitar un tema de estudio significa, enfocar en términos concretos nuestra área de interés, especificar sus alcances, determinar sus límites. Es decir, llevar el problema de investigación de una situación de difícil solución a una realidad concreta, fácil de manejar” (párr. 1). Desde la óptica de Sabino (1986), la delimitación habrá de efectuarse en cuanto al tiempo y el espacio, para situar nuestro problema en un contexto definido y homogéneo (Moreno, 2013, párr. 1).

Teniendo en cuenta estas definiciones, el presente trabajo de investigación se realizará durante el año 2019 dentro de la Universidad ESAN, la que se encuentra ubicada en el distrito de Santiago de Surco, ciudad de Lima, departamento de Lima. Los datos para este trabajo se obtendrán de las encuestas realizadas a los alumnos, profesores y trabajadores, documentación, mediciones de parámetros meteorológicos, bibliografía y otros documentos relacionados a la metodología a implementar.

Esta investigación se centrará en la evaluación de parámetros meteorológicos, el diseño del sistema fotovoltaico y la medición de la eficiencia energética, y se realizará dentro del edificio D de la Universidad.

A continuación, se presenta la delimitación (espacial, temporal y conceptual) para esta investigación a más detalle.

#### **1.7.1. Espacial.**

El presente trabajo de investigación se realizará en la Universidad ESAN, ubicada en el distrito de Santiago de Surco, ciudad de Lima, departamento de Lima. La universidad es una institución de enseñanza superior formada por diversas facultades, que otorga distintos grados académicos.

Los datos para este trabajo se obtendrán de las encuestas realizadas a los alumnos, profesores y trabajadores, documentación, mediciones de parámetros meteorológicos, bibliografía y otros documentos relacionados a la metodología a implementar.

#### **1.7.2. Temporal.**

Este estudio analizará las herramientas de medición de energías renovables en la Universidad ESAN durante el año 2019, además de data histórica meteorológica. Cabe resaltar que los resultados de la implementación de este estudio se verían reflejados a partir del año 2020. En esta época de preocupación por la protección del ambiente, todo tipo de organización debe tener establecidos una serie de herramientas y programas que ayuden a prevenir más efectos debido al cambio climático.

#### **1.7.3. Conceptual.**

Esta investigación se centrará en la evaluación de parámetros meteorológicos dentro de la Universidad ESAN, el diseño del sistema fotovoltaico y la medición de la eficiencia energética, para lo que se usarán herramientas de ingeniería, técnicas de investigación y diagramación, como la observación directa, mediciones in-situ, entre otros.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

Según Hernández, et al. (2014), para adentrarse e investigar cualquier tema es necesario conocer estudios, investigaciones y trabajos anteriores, especialmente si uno no es experto en tal tema. El presente capítulo identifica investigaciones relacionadas al tema de tesis, detallándose la problemática, los objetivos y las conclusiones y/o soluciones adoptadas en cada caso. Se han realizado muchas investigaciones relacionadas al aprovechamiento de energías renovables a nivel internacional, incluyendo la energía eólica y solar, para el cambio de la matriz energética y la disminución de las emisiones de GEI y en algunos casos para el cumplimiento de la normativa de estos países. En el Perú, también se han realizado estudios relacionados a las energías renovables dentro de diversos sectores y en los últimos años se están realizando proyectos de energías renovables de gran envergadura para cambiar poco a poco la matriz energética del país.

### **2.1. Antecedentes de la investigación**

En las siguientes secciones se presentarán estudios realizados a nivel internacional y nacional relacionados a energías renovables, generación de energía eléctrica y eficiencia energética en diversas organizaciones, que servirán como guía para el presente estudio.

#### **2.1.1. Tesis relacionadas.**

A nivel internacional se han realizado muchas tesis relacionados a energías renovables para la generación de energía eléctrica. Por ejemplo, tenemos a Martínez (2014), quien hizo un estudio en el Laboratorio de Automatización de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), teniendo como problemática la alta demanda de electricidad en el sistema de alumbrado, debido a que las lámparas se encuentran encendidas tanto en pasillos como en las aulas la mayor parte del día. Es por ello que decide realizó su tesis titulada: “Implementación de un sistema de celdas fotovoltaicas para el alumbrado del laboratorio de automatización de la facultad de ingeniería de la UAQ”, la que tuvo como objetivo implementar un sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica, que abastezca de energía eléctrica con 15.79 kW/h por día al sistema de iluminación del Laboratorio de Automatización de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro. Martínez concluyó que se puede ahorrar 40 kWh/día lo que se traduce en un ahorro del 42%, viéndose reflejado en un ahorro económico en el pago de electricidad que consume la Facultad de Ingeniería de la UAQ. Resaltó que la inversión inicial es algo elevada, pero su retorno es de mediano a largo plazo,

ya que después de recuperar lo invertido, el resto de la energía producida se considera como ganancia.

De León (2008), en su estudio “Generación eléctrica fotovoltaica en la facultad de ingeniería USAC y estudio del aprovechamiento”, presentó el problema del sector académico de la Universidad de San Carlos, ya que requería un monto considerable de energía eléctrica para el uso de sus instalaciones. Ello apoyó al diagnóstico de factibilidad para la iluminación del Edificio T – 6, Auditorium Francisco Vela, de la Facultad de Ingeniería, USAC, por medio de generación de energía fotovoltaica, presentando dos opciones de Instalación de Energía Renovable por medio de paneles fotovoltaicos, el cual se clasificó como Proyecto 1: A la Instalación Convencional con uso de acumuladores (Baterías) y Proyecto 2: A la Instalación no Convencional sin uso de acumuladores (Baterías). Se concluyó que ambas alternativas no fueron factibles en términos financieros, sin embargo el Valor Presente Neto del Proyecto 2, representa el 24.02 % del Valor Presente Neto del Proyecto 1, haciendo que este se pueda considerar como una alternativa con consideraciones no necesariamente económicas, como son las relacionadas a producción de Energía Limpia, amigable con el ambiente, sobre por el hecho de que no usa acumuladores (Baterías), los cuales al desecharse, recurrentemente cada 5 años, y no tener un tratamiento adecuado, contraviene el enfoque ambiental.

En la Universidad Autónoma de Occidente en Colombia, en el año 2011 se trabajó en el diseño y la construcción de un generador solar fotovoltaico, que incluyó los cálculos necesarios para determinar la radiación solar, la posición del panel, la cantidad de paneles, el cálculo del inversor y el cálculo del rendimiento energético de la instalación, también basándose en las condiciones meteorológicas de la Universidad, con el propósito de realizar su instalación y que sirviera como herramienta pedagógica para los que deseen ampliar sus conocimientos (Gutiérrez y Franco, 2011).

Al igual que a nivel internacional, en el país se han realizado muchas tesis relacionadas a este tema. Entre ellas tenemos a Chercca (2014), que en su tesis “Aprovechamiento del recurso eólico y solar en la generación de energía eléctrica y la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en el poblado rural La Gramita de Casma” (tesis de maestría) de la Universidad Nacional de Ingeniería, aborda el problema de la Caleta de pescadores “La Gramita” que se encuentra ubicada en las costas de la provincia de Casma, en el departamento de Ancash. La población no contaba con el servicio de energía eléctrica, por ello, se consideró el uso de sistemas eólicos o híbridos eólicos-fotovoltaicos, aprovechando las características específicas de la zona del

litoral de la costa en Casma, tanto en recurso eólico y solar, para generar electricidad con fuentes renovables. En este trabajo se pretendió determinar en qué medida el aprovechamiento del recurso eólico y solar en centros poblados aislados de la red de servicio público influye en la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> y la mejora de la calidad de vida del poblador, mitigando los impactos ambientales. La hipótesis general que se planteó fue: el aprovechamiento del recurso solar y eólico para generar Energía Eléctrica con el sistema híbrido permitirá reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y mejora la calidad de vida en la población rural “La Gramita”. Por último, se concluyó que los sistemas híbridos son fiables, pues tienen una ventaja al aprovechar dos fuentes de alimentación energética (el sol y el viento), de esta forma se reduce el tamaño de la batería en comparación con un sistema de una sola tecnología y también se demostró que el costo de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico equivale al 70% del costo de un sistema netamente eólico con baterías, y que el costo relativos respecto a un sistema de generación netamente solar con baterías representa el 60% del costo total de inversión.

Quiñonez (2015), en su tesis “Evaluación de los recursos eólico y solar en la ciudad de Juliaca de la región de Puno” de la Universidad Nacional de Ingeniería, aborda la situación de la ciudad de Puno en donde el viento es casi constante pero no se aprovecha y se estima que existe muy buena cantidad de recurso solar. Por estas razones se realizó un estudio detallado del recurso eólico y solar que permitiría desarrollar proyectos como bombeo de agua, generación de energía eléctrica para zonas aisladas o proyectos productivos de cualquier especie en donde se pueda utilizar esta energía de forma sostenible. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el potencial de los recursos eólico y solar de la ciudad de Juliaca, Provincia de San Román de la región de Puno. Para ello, utilizaron los datos proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Puno (SENAMHI-Puno) y la base de datos meteorológicos de la NASA (National Aeronautics and Space Administration); con las cuales determinaron las tendencias mensuales del promedio de la velocidad del viento durante todo el año, la dirección predominante del viento en el que se hace la rosa de viento para la zona y las velocidades extrapoladas a diferentes alturas del suelo. En lo que se refiere al recurso eólico, se tuvo como conclusión que se presentó un mayor potencial en los meses de primavera-verano, en los que se superan los 3 m/s de promedio mensual a una altura de 25 m de altura. Los meses de noviembre y diciembre presentaron un promedio de velocidad mensual más alto del año que corresponde a 3,38 m/s. Con relación al recurso solar se obtuvo que el máximo valor para la ciudad de Juliaca se encuentra al mediodía entre las 11:00 y 12:00 horas, siendo noviembre el

mes con mayor radiación solar en un plano horizontal con promedio de 7,74 (W/m<sup>2</sup>) y el de menor valor junio con un promedio de 4,85 (W/m<sup>2</sup>).

Bravo y Gamarra (2016), en su tesis “Diseño de un Sistema Fotovoltaico para satisfacer la demanda de energía de los laboratorios de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo” enmarca dentro de sus lineamientos la integración de un sistema fotovoltaico en el Laboratorio de Ingeniería Electrónica ya que este consumía una proporción considerable de consumo de energía comparado al consumo total de la Universidad. Una de las grandes preocupaciones de la administración de la UNPRG eran los altos consumos de energía eléctrica, que repercutían en un fuerte pago económico, como este tipo de gastos no está subsidiado por el estado, afecta el desarrollo de los programas de carácter académico, institucional y de servicios; y aunque muchas veces se trató de sensibilizar a todos los componentes de la Universidad como Docentes, Administrativos y Alumnos referente a la adopción de una cultura de consumo medido de energía, las características de las actividades que en esa Institución se realizaban requerían que se mantengan las luces prendidas la mayor parte del día. Después del dimensionamiento y diseño, este trabajo concluyó que se logró plantear el diseño en base a una metodología utilizando el software METEONORM 7.0, la pinza amperimétrica y las hojas de datos de los equipos del laboratorio. La radiación en el departamento de Lambayeque fue de 5.1 Wh/m<sup>2</sup> por día de irradiación solar, durante 5 horas. La demanda energética total del Laboratorio fue de 27723.60 w de potencia y el presupuesto total de los equipos para la implementación del sistema fotovoltaico fue de \$36,205.

Por último, al igual que Bravo y Gamarra (2016), Valdiviezo (2014), hizo un estudio desarrollado en una universidad del país. Su tesis lleva de título “Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP”, e indicó que cada día se registran niveles más alarmantes de contaminación en el medio ambiente, esto se debe principalmente a la generación de energía mediante métodos convencionales, los cuales generan altas cantidades de CO<sub>2</sub>, por ello, el estudio indica la necesidad de desarrollo de nueva generación eléctrica mediante el uso de Recursos Energéticos Renovables (RER). Este estudio tuvo como objetivo fomentar el interés e investigación en energía renovable por parte de la comunidad con estudios superiores, mediante el diseño de un sistema fotovoltaico aislado para abastecer a 15 computadoras portátiles en la PUCP. Fue necesario conocer las características de los equipos que conforman una instalación fotovoltaica aislada y se utilizó bibliografía de autores con presencia en la industria. Además, se elaboró

una lista de exigencias, recopilación de condiciones sobre el sitio, obtenidos de la Estación climatológica Hipólito Unanue en la PUCP y se estimó la demanda del consumo energético. Se tuvo como conclusión: La factibilidad del proyecto no debe ser una decisión netamente económica. Se deben tomar en cuenta varios factores como los citados a continuación: Reducción de emisiones de GEI, fomentar el interés del uso e investigación de los RER y estrategia de marketing institucional.

### **2.1.2. Artículos relacionados.**

Además de las tesis realizadas a nivel nacional e internacional, también podemos encontrar diferentes estudios relacionados al tema alrededor del mundo.

Por ejemplo, Soontiens et al. (2017), realizaron un estudio denominado “Suitability Map of Dalhousie’s Studley Campus Renewable Energy Potential” el cual tenía como objetivos crear un mapa de activos que subraye el potencial de la universidad para aprovechar fuentes de energía alternativas como la solar y la eólica en el Campus Studley y descubrir qué edificios del Campus cumplen con los requisitos mínimos para aprovechar la energía solar, el viento energía o ambos. Encontraron que hay un beneficio significativo para la implementación de dicho proyecto en un campus universitario. Aparte de los beneficios financieros a largo plazo, ofrece una gran oportunidad para promover la conciencia de la energía y estimular la innovación adicional. También recomendaron que la Universidad Dalhousie comience a recaudar fondos y asignar más dinero para futuros proyectos de energía renovable. La energía no renovable no puede durar para siempre, y cuando llegue el momento de cambiar a renovable como la eólica y la solar, será de ayuda tener ya los fondos.

Por otro lado, en Estados Unidos se realizó un estudio para evaluar el uso energético en edificios educacionales. El propósito de este artículo es evaluar la viabilidad de las políticas generales de sostenibilidad, como los Sistemas de Calificación de Edificios para lograr la eficiencia energética en los edificios de los campus universitarios. Se analizaron las tendencias de consumo de energía de 10 edificios con certificación Leadership in Energy & Environmental Design (LEED) y 14 edificios sin certificación LEED en una universidad importante en los Estados Unidos. La intensidad de uso de energía (EUI) de los edificios LEED fue significativamente mayor ( $EUI_{LEED} = 331.20 \text{ kBtu} / \text{sf} / \text{año}$ ) que los edificios sin LEED ( $EUI_{non-LEED} = 222.70 \text{ kBtu} / \text{sf} / \text{año}$ ); sin embargo, la mediana de los valores de EUI fue comparable ( $EUI_{LEED} = 172.64$  y  $EUI_{non-LEED} = 178.16$ ). También se realizaron análisis para explorar más a fondo el impacto de la certificación LEED en el rendimiento energético de

los edificios universitarios. Se obtuvo como conclusión de que no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre edificios certificados y no certificados a través de una serie de criterios de comparación sólidos. Luego, estos hallazgos se desarrollaron para idear estrategias para lograr políticas de energía sostenible para los edificios de los campus universitarios y para identificar posibles problemas con las comparaciones de rendimiento energético en el nivel de la cartera (Agdas, Srinivasan, Frost, & Masters, 2015).

Por último, Chakraborty, Sadhu, & Pal, (2015), realizaron un estudio denominado “Technical mapping of solar PV for ISM-an approach toward green campus”. Este documento apunta hacia el primer paso para el enfoque de campus verde para el Campus de la Escuela de Minas de India (ISM). Se realizó un estudio comparativo de los desempeños de nueve diferentes paneles solares comercializados, fabricados con tecnología Maxeon Cell, HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin layer), silicio monocristalino (Mono C-Si), silicio policristalino (Poly C-Si), Micromorph, SCHOTT, silicio amorfo (a-Si), CIGS y tecnologías CdTe en condiciones ambientales de la ISM. Este sistema suministraría la demanda de electricidad durante el día del campus de ISM, así como el uso eficiente de las enormes áreas de techo de diferentes edificios para la puesta en marcha de la planta fotovoltaica. Este sistema garantiza una reducción media diaria de 8 MWh de consumo eléctrico de la red. El resultado de este estudio es que se observa un rendimiento superior para los módulos hechos de tecnología de silicio amorfo bajo la variación típica de temperatura y condiciones ambientales secas del campus ISM.

## **2.2. Bases teóricas**

La demanda de energía y de servicios para el desarrollo social y económico, va en aumento. Todas las sociedades necesitan de servicios energéticos para cubrir las necesidades humanas y para los procesos productivos. Aproximadamente, desde 1850, la utilización de combustibles de origen fósil (carbón, petróleo y gas) ha aumentado mundialmente hasta convertirse en el suministro de energía predominante, situación que ha dado lugar a un rápido aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> (IPCC, 2011).

Hay diferentes opciones para disminuir las emisiones de GEI, sin dejar de cubrir la demanda mundial de servicios energéticos. Además de su gran potencial para mitigar el cambio climático, las energías renovables pueden aportar otros beneficios. Si se utilizan de forma adecuada, pueden contribuir al desarrollo social y económico, favorecer el acceso y la

seguridad al suministro de energía, y reducir sus efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud (IPCC, 2011).

### **2.2.1. Energías renovables.**

Se llama energías renovables (ER) a aquellas que se producen de forma continua, son inagotables a escala humana y se renuevan continuamente, a diferencia de los combustibles fósiles, de los que existen unas determinadas cantidades o reservas, agotables en un plazo más o menos determinado. Muchas de las energías renovables provienen de la energía del sol, siendo las principales formas que existen: la biomasa, hidráulica, eólica, solar, geotérmica y las energías marinas (ITC, 2008).

Además, según Fernando (2015) son una fuente de energía amigable, ya que contribuye al cuidado del ambiente y se les conoce también como energía limpia, porque no produce gases contaminantes (Jeri y Sacha, 2017).

Según el IPCC (2011), hay un proceso de varios pasos mediante el cual se convierte la energía primaria en un portador de energía (calor, electricidad o trabajo mecánico), y luego en un servicio de energía. Existe una variedad de tecnologías de ER, las que pueden servir para satisfacer necesidades de servicio de energía. Las ER pueden suministrar electricidad, energía térmica y energía mecánica, así como producir combustibles, entre otros.

#### **2.2.1.1. Energía solar.**

El Sol, de forma directa o indirecta, es el origen de todas las energías renovables, exceptuando la energía mareomotriz y la geotérmica (ITC, 2008). Para Rodríguez (2008), la energía solar es la potencia radiante producida por el sol, como resultado de reacciones nucleares de fusión (Jeri y Sacha, 2017).

Una parte importante de la energía solar se emite a través de los rayos solares que se propagan en el espacio en forma de energía electromagnética. El sol emite radiación en toda la gama del espectro electromagnético, sin embargo, para los fines del aprovechamiento de su energía, solo es importante la llamada radiación térmica, que incluye: la ultravioleta (UV), la radiación visible (VIS) y la radiación infraroja (IR) (Vega y Ramirez, 2014). De esta energía que llega a la atmósfera, una parte es absorbida por la atmósfera y por el suelo, y otra parte es reflejada directamente al espacio desde el suelo. Es por esto por lo que menos de la mitad de la radiación solar llega efectivamente a la superficie terrestre, siendo esta parte la que podemos utilizar con fines energéticos en nuestro planeta (ITC, 2008).

La energía solar es un recurso de energía abundante. En solo una hora, la cantidad de esta energía interceptada por la Tierra es mayor a la del consumo de energía del mundo durante todo el año, con lo que se demuestra que este tipo de energía también tiene un potencial para mitigar el cambio climático igualmente impresionante (IPCC, 2011). Algunas de las tecnologías obtenidas de la conversión de energía solar que tienen una amplia gama de aplicaciones de servicio de energía son: iluminación, calefacción, agua caliente para edificios e industria, calor solar de alta temperatura para energía eléctrica e industria, conversión fotovoltaica para electricidad y producción de combustibles solares, como por ejemplo hidrógeno o síntesis gas.

La energía solar llega a la tierra de 3 formas (ITC, 2008):

- Radiación directa: es la radiación que nos llega directamente del Sol, sin haberse desviado ni cambiado de dirección, por no haber incidido con nada en su camino. Esta radiación es la que produce las sombras. Es el tipo de radiación predominante en un día soleado.
- Radiación difusa: es la radiación que nos llega después de haber incidido con cualquier elemento de la atmósfera (polvo, nubes, contaminantes, etc.), por lo que ha cambiado de dirección. Es el tipo de radiación predominante en un día nublado.
- Radiación reflejada o albedo: es la radiación reflejada por la superficie terrestre; cobra importancia en las zonas con nieve, con agua (como cerca del mar o de una presa) o cualquier otra zona donde la reflexión sea importante.

La radiación global: es la suma de la radiación directa y la radiación difusa.

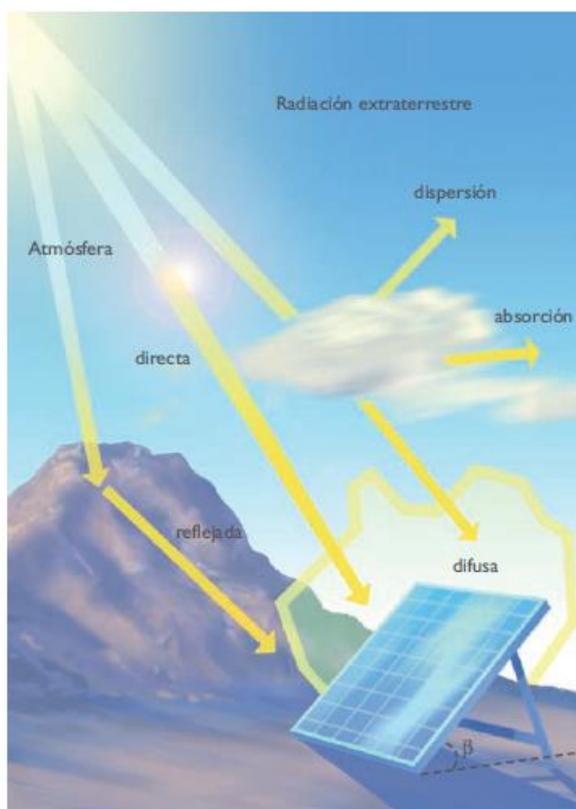


Figura 1: Componentes de la radiación solar que llegan a la superficie terrestre.

Fuente: ITC, 2008.

En el caso de Perú, según Correa y Gonzales (2018), el territorio peruano, cuenta radiación solar durante mucha parte del año. Según el Atlas Solar del Perú elaborado por el Ministerio de Energías y Minas, nuestro país tiene una elevada radiación solar anual siendo en la sierra de aproximadamente 5.0 a 6.5 KWh/m<sup>2</sup>, 5.0 a 6.0 kWh/m<sup>2</sup> en la Costa y en la Selva de aproximadamente 4.5 a 5.0 kWh/m<sup>2</sup>.

Para la medición de radiación solar que llega a la superficie terrestre se utilizan los siguientes instrumentos:

- Piranómetro: que mide la radiación global o la difusa, según se le ponga un anillo de sombra (difusa) no (global).
- Pirheliómetro: que mide la radiación directa.
- Pirgeómetro (o albedómetro): que mide la radiación reflejada o albedo.

El Sol puede aprovecharse energéticamente de dos formas conceptualmente diferentes:

- Como fuente de calor: energía solar térmica de baja y media temperatura.
- Como fuente de electricidad: energía solar fotovoltaica y solar térmica de alta temperatura.

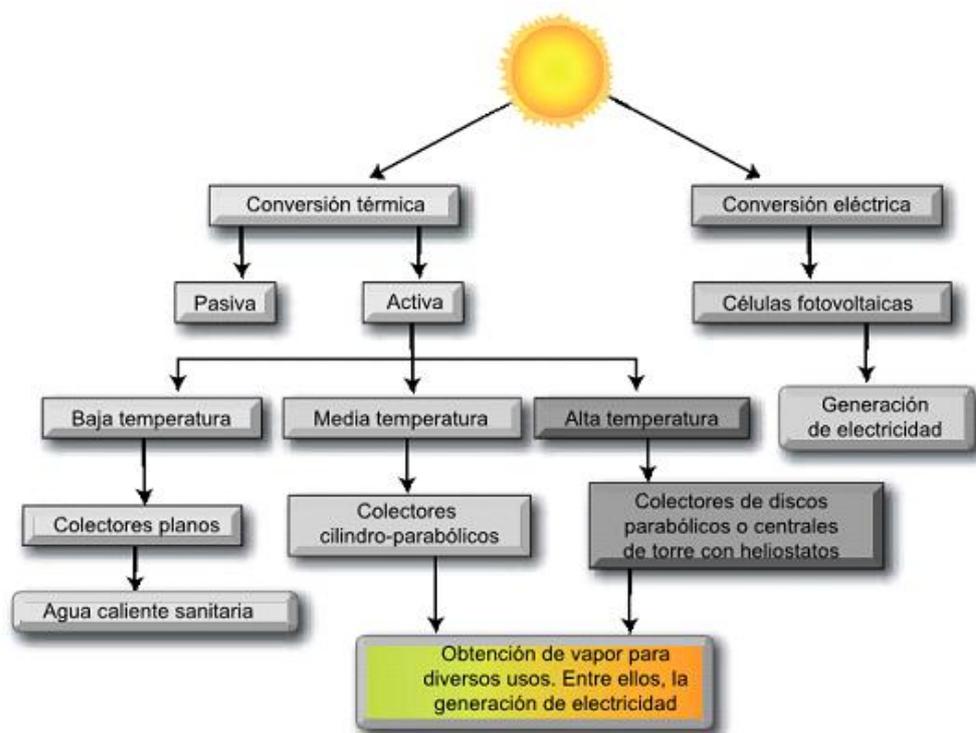


Figura 2: Tecnologías que se emplean para el aprovechamiento de la energía solar

#### 2.2.1.1.1. Energía solar térmica.

Bravo y Gamarra (2016), definen la energía solar térmica como el aprovechamiento de la energía del Sol para generar calor mediante el uso de colectores o paneles solares térmicos.

El funcionamiento de estos sistemas es simple: la radiación solar es captada y el calor se transfiere a un fluido (generalmente agua o aire). Para poder aprovechar la energía solar térmica se usa el captador solar o placa solar. El fluido calentado se puede usar directamente (por ejemplo, para calentar agua en piscinas) o indirectamente mediante un intercambiador de calor (por ejemplo, en el caso de la calefacción de una habitación) (ITC, 2008).

Según Vega y Ramirez (2014), la energía térmica captada puede utilizarse de forma pasiva o activa como se muestra en la figura 2. La energía térmica pasiva se aprovecha mediante el acondicionamiento de los edificios según diseño propio de la arquitectura bioclimática. Por otro lado, la energía térmica activa se llama así porque requiere de una fuente energética adicional para iniciar su funcionamiento. Se puede clasificar, en función del margen de temperatura que se requiera, en tecnologías de baja temperatura: menor de 90°C; media temperatura: entre 90 y 400°C; alta temperatura: mayor de 400°C.

- **Baja temperatura:** Son las más extendidas y se destinan a aquellas aplicaciones que no exigen temperaturas del agua superiores a los 90 °C, como, por ejemplo, la producción de agua caliente sanitaria (ACS) para viviendas y polideportivos, apoyo a la calefacción de viviendas, calentamiento de agua para piscinas, etc.
- **Media temperatura:** Destinada a aquellas aplicaciones que exigen mayores temperaturas del agua, como por ejemplo, el calentamiento de fluidos para procesos industriales y la desalinización de agua de mar. También puede utilizarse para la generación de electricidad mediante la conexión del fluido caliente hasta 400°C.
- **Alta temperatura:** Destinada a aquellas aplicaciones que requieran temperaturas del agua superiores a los 400°C, como es el caso de la generación de vapor para la producción de electricidad. Los sistemas más estudiados son los colectores discos parabólicos y la torre central.

#### 2.2.1.1.2. *Energía solar fotovoltaica.*

El fundamento de energía solar fotovoltaica es el efecto foto-voltaico, que consiste en captar la radiación solar y transformarla en energía eléctrica, a través de unos dispositivos semiconductores denominados células o celdas fotovoltaicas. La energía fotovoltaica permite producir electricidad para redes de distribución, abastecer viviendas aisladas y alimentar todo tipo de aparatos (De León, 2008). Un panel o módulo fotovoltaico, está constituido por células fotovoltaicas conectadas entre sí y alojadas en un mismo marco. Estas células se conectan en serie, en paralelo o en serie-paralelo, en función de los valores de tensión e intensidad deseados, formando los módulos fotovoltaicos (ITC, 2008).

- **Célula o celda fotovoltaica:** es un dispositivo formado por una delgada lámina de un material semi-conductor, frecuentemente de silicio. Puede ser Silicio Mono-cristalino: de rendimiento energético entre 15 - 17 %; silicio poli-cristalino: con rendimiento entre 12 - 14 %; silicio amorfo: con rendimiento menor del 10 %. (Tinoco y Huamaní, 2013). Se compone de dos partes unidas, formando un emparedado como se observa en la figura 3. El cristal de silicio puro no posee electrones libres, por lo que es un mal conductor eléctrico; para cambiar esta característica, se añaden porcentajes de otros elementos, a lo que se llama dopada (Jeri y Sacha, 2017).

La parte superior es dopada de manera controlada con fósforo para darle un carácter negativo (electrones libres) o tipo N y la parte posterior es dopada con boro para darle un

carácter positivo (déficit de electrones) o tipo P (Martínez, 2014). Cada célula solar se compone de una capa fina de material tipo N y otra con mayor espesor de material tipo P, estas capas unidas, exactamente la unión P-N, generan un campo eléctrico debido a los electrones del silicio tipo N que ocupan los huecos de la estructura del silicio tipo P (Jeri y Sacha, 2017).

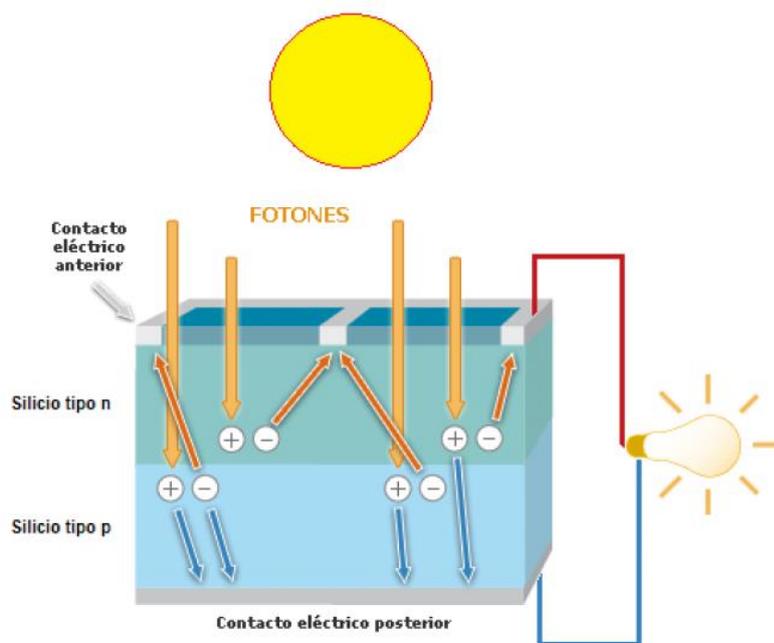


Figura 3: Efecto fotovoltaico dentro de los paneles solares.

Fuente: Martínez, 2014.

- Efecto fotovoltaico: Proceso mediante el cual una célula fotovoltaica convierte la luz solar en electricidad. Para entender como sucede hay que saber que la luz solar está compuesta de diferentes tipos de partículas llamadas fotones, los cuales están compuestos por diferentes tipos de energía, desde luz ultravioleta, luz visible, luz infrarroja, rayos gamma y rayos x (Jeri y Sacha, 2017). Cuando los fotones inciden sobre una celda fotovoltaica pueden ser reflejados, absorbidos o pueden pasar a través de ella; solo los fotones absorbidos generan electricidad.

Cuando la radiación (luz) incide sobre la célula fotovoltaica, los fotones que la integran chocan con los electrones del silicio dándoles energía y transformándolos en conductores. Los electrones son orientados y fluyen de la capa "P" a la capa "N", debido al campo eléctrico generado en la unión P-N. Con la ayuda de un conductor externo, se conecta la capa negativa (N) a la positiva (P), generándose un flujo de electrones (corriente eléctrica)

en la conexión, el cual se mantendrá mientras la luz continúe incidiendo en la célula (Jeri y Sacha, 2017).

En la sección 2.2.2, se desarrolla los componentes de un sistema fotovoltaico y su funcionamiento para la obtención de energía eléctrica.

#### **2.2.1.2. Energía eólica.**

La energía eólica es la energía proveniente del movimiento de las masas de aire que se deben principalmente a la diferencia de presiones de distintos lugares de la atmósfera (Vega y Ramírez, 2014).

La energía eólica es la que contiene el viento en forma de energía cinética, y esta puede ser transformada en otro tipo de energía como la mecánica, eléctrica, hidráulica, etc. Actualmente, una de las formas más utilizadas para el aprovechamiento a gran escala de la energía eólica es a través de las denominadas aeroturbinas (ITC, 2008).

Del Atlas eólico del Perú, elaborado por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), se puede deducir, en términos generales, que el potencial más significativo de energía eólica, se encuentra en la costa, sobre todo en los departamentos del Norte (Piura, Lambayeque) y del sur (Ica, Arequipa).

#### **2.2.1.3. Energía hidráulica.**

La energía hidráulica es la energía cinética del movimiento de masas de agua o de la energía potencial del agua disponible a una cierta altura (Vega y Ramirez, 2014). Hoy en día, la energía hidráulica se utiliza para producir electricidad en las centrales hidroeléctricas. El agua, retenida en un embalse o presa, se deja caer por una tubería que al final tiene una turbina, el eje de esta comienza a girar al caer al agua; este giro pone en marcha el generador eléctrico obteniéndose así la electricidad (ITC, 2008).

Una de las ventajas más importantes de la producción de electricidad con energía hidráulica es que puede ser constante y previsible, a diferencia de la gran mayoría de las renovables, por lo que se puede utilizar para satisfacer la demanda eléctrica base (ITC, 2008).

Según Bravo y Gamarra (2016), “en un curso de agua, la energía que esta posee y puede entregar para otros usos, se compone de un salto (energía potencial respecto de un nivel de referencia) y un caudal (energía de movimiento o cinética)”.

Mientras que el agua situada en una posición vaya perdiendo altura, va ganando velocidad. La disminución de la energía potencial se transforma en energía cinética, salvo las pérdidas debido a los rozamientos en los conductos (Bravo y Gamarra, 2016).

#### **2.2.1.4. Energía de la biomasa.**

Según Vega y Ramirez (2014), se entiende por biomasa al conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de esta. Las fuentes de biomasa que se utilizan para la obtención de energía son (ITC, 2008):

- Biomasa natural: Puede ser de origen natural (como es el caso de la leña). No se debe hacer un aprovechamiento sin control de este tipo de biomasa ya que se podrían destruir sus ecosistemas.
- Biomasa residual: Se produce en explotaciones agrícolas, forestales o ganaderas; también se generan residuos orgánicos en la industria y en las ciudades, denominados en este último caso RSU (Residuos Sólidos Urbanos).
- Cultivos energéticos: En estos casos los terrenos no se producen alimentos sino a cultivos que se aprovechan energéticamente.

Cualquier tipo de biomasa se realiza inicialmente por medio del proceso de la fotosíntesis, mediante el cual los vegetales son capaces de captar la energía solar y almacenarla en los enlaces de las moléculas orgánicas que forman su biomasa (Bravo y Gamarra, 2016). Como fuente de energía presenta una enorme versatilidad ya que permite obtener, mediante diferentes procedimientos, tanto combustibles sólidos como líquidos o gaseosos (Vega y Ramirez, 2014) y varias aplicaciones energéticas como: energía térmica, eléctrica, mecánica y biocombustibles (Bonilla y Romero, 2014).

#### **2.2.1.5. Energía geotérmica.**

La energía geotérmica es aquella energía que se obtiene del calor natural interno de la Tierra y que se transmite por conducción térmica hacia la superficie (Vega y Ramirez, 2014). “La energía geotérmica procede de la diferencia entre la temperatura de la superficie terrestre y la de su interior, que va desde una media de 15°C en la superficie a los 6000°C que tiene el núcleo interno” (ITC, 2008).

Las áreas con mayores recursos geotérmicos son aquellas en que el magma está muy cerca de la superficie terrestre, con zonas de corteza terrestre delgada o fracturada (anillo

de fuego). Las fuentes geotérmicas, según sus características y magnitud calórica, pueden ser aprovechadas para generar electricidad (alta entalpía), y para usos directos del calor (baja entalpía) (Bravo y Gamarra, 2016). Para producir electricidad se aprovecha la salida del vapor de las fuentes geotérmicas, que accionan turbinas que ponen en marcha generadores eléctricos.

#### **2.2.1.6. Energía del mar.**

Bravo y Gamarra (2016), mencionan que la potencialidad de la energía del mar está en su abundancia, ya que 3/4 partes de la superficie de la tierra están cubiertas por el mar, por lo tanto, reciben la mayor parte de la energía procedente de la radiación solar. El aprovechamiento de la energía del mar puede ser de tres tipos: energía de las mareas (mareomotriz), energía de las olas y energía térmica oceánica.

- **Energía de las mareas (mareomotriz):** Las mareas son cambios periódicos del nivel de los océanos, debido principalmente a la atracción gravitatoria de la luna, en menor medida del sol, y al movimiento de rotación de la tierra (Vega y Ramirez, 2014). El comportamiento de las mareas varía, aunque presenta periodicidad. En la mayoría de las costas se dan dos mareas al día, y en otras aparece solo una al día (Bravo y Gamarra, 2016). Para generar energía eléctrica a partir de las mareas se requiere construir un dique que almacena agua convirtiendo la energía potencial de esta en electricidad por medio de una turbina (Bravo y Gamarra, 2016).
- **Energía de las olas:** Vega y Ramirez (2014), mencionan que esta energía es una forma concentrada de energía eólica, ya que, el viento al soplar sobre la superficie del océano, transmite parte de su energía y forma las olas, las cuales son una fuente potencial de energía motriz. Una de las características de las olas es su capacidad de desplazarse grandes distancias, sin pérdida de energía. Según el ITC (2008), la energía cinética contenida en el movimiento de las olas puede transformarse en electricidad de distintas formas. Además, el Consejo Mundial de la Energía (WEC) ha estimado la potencia mundial de este recurso en unos 2000 GW, estando la mayor parte concentrada en los océanos Atlántico y Pacífico.
- **Energía térmica oceánica:** Según el ITC (2008), el gradiente térmico se produce por la diferencia de temperatura entre el agua de la superficie (20°C o más) y la del fondo (puede oscilar entre 0 y 7°C), estas diferencias son mayores en algunas zonas del planeta como el ecuador. Para el aprovechamiento energético es suficiente una diferencia de 20

°C. La transformación de energía térmica en eléctrica se lleva a cabo mediante un líquido que se evapora para luego pasar por una turbina, pudiendo ser un ciclo abierto o cerrado (Bravo y Gamarra, 2016).

### **2.2.2. Sistema fotovoltaico.**

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de dispositivos que produce energía eléctrica a partir de la radiación solar (Jeri y Sacha, 2017). Técnicamente, este sistema puede producir tanta energía como se desee, sin embargo, existen limitaciones desde el punto de vista económico. Para ello, se requiere un conjunto de equipos integrados para realizar 3 funciones básicas: transformar directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica, almacenar la energía generada y entregar la energía producida y almacenada a los consumidores (Vega y Ramirez, 2014).

#### **2.2.2.1. Tipos de sistemas fotovoltaicos.**

Para el ITC (2008), las instalaciones solares fotovoltaicas se dividen en dos grandes grupos: sistemas aislados (sistemas autónomos sin conexión a la red eléctrica) y sistemas conectados a la red eléctrica. Sin embargo, también existen los sistemas híbridos. A continuación, describiremos cada uno de estos.

##### *2.2.2.1.1. Sistema fotovoltaico conectado a la red.*

Estos sistemas se instalan en zonas que disponen de red eléctrica y su función es producir electricidad para venderla a la compañía eléctrica (ITC, 2008). Son sistemas atractivos para zonas urbanizadas cercanas a la red eléctrica. Estos sistemas producen energía eléctrica por paneles solares, pero no necesitan baterías, ya que se convierte la energía producida por los paneles, mediante un inversor, y la entrega a la red eléctrica convencional (Jeri y Sacha, 2017).

##### *2.2.2.1.2. Sistema fotovoltaico aislado.*

Están constituidos por los paneles solares, los que producen energía. Esta energía se debe acumular o almacenar en baterías, ya que servirán para distribuir la energía almacenada en su interior, para luego redirigirse a nuestros electrodomésticos y bombillos en el hogar (Jeri y Sacha, 2017). Cabe resaltar que es posible utilizar este tipo de instalación solar en el día, la noche, días en donde hay poca radiación solar, alta nubosidad o días muy despejados, teniendo siempre energía disponible (Jeri y Sacha, 2017). Es importante citar,

que también no solo se puede utilizar en zonas alejadas de la red eléctrica, sino que también se puede utilizar este sistema en ciudades o regiones donde hay suministro energético, pero con el fin reducir el consumo energético y disminuir en el costo del recibo de energía (Jeri y Sacha, 2017).

Para este estudio, abordaremos los sistemas aislados, ya que en nuestro país aún no existe normativa para sistemas conectados a la red.

#### *2.2.2.1.3. Sistema fotovoltaico híbrido.*

La diferencia entre este sistema y los anteriores es que, además de contar con los paneles fotovoltaicas para recoger energía, utilizan algún otro sistema para generar energía, es decir, usan otro tipo de energía auxiliar, como puede ser: un generador diésel, hidráulico, eólico. De este modo garantizan el suministro eléctrico (Jeri y Sacha, 2017), aumentando la confiabilidad de la instalación, ya que se evita la dependencia de un solo medio de generación, como lo es el fotovoltaico. (Cieza, 2017).

#### *2.2.2.2. Componentes de un sistema fotovoltaico aislado.*

Los sistemas fotovoltaicos aislados, como tales están constituidos de las siguientes partes:

- Paneles Fotovoltaicos
- Reguladores de Carga (controladores)
- Baterías
- Inversores

Los que serán descritos a continuación.

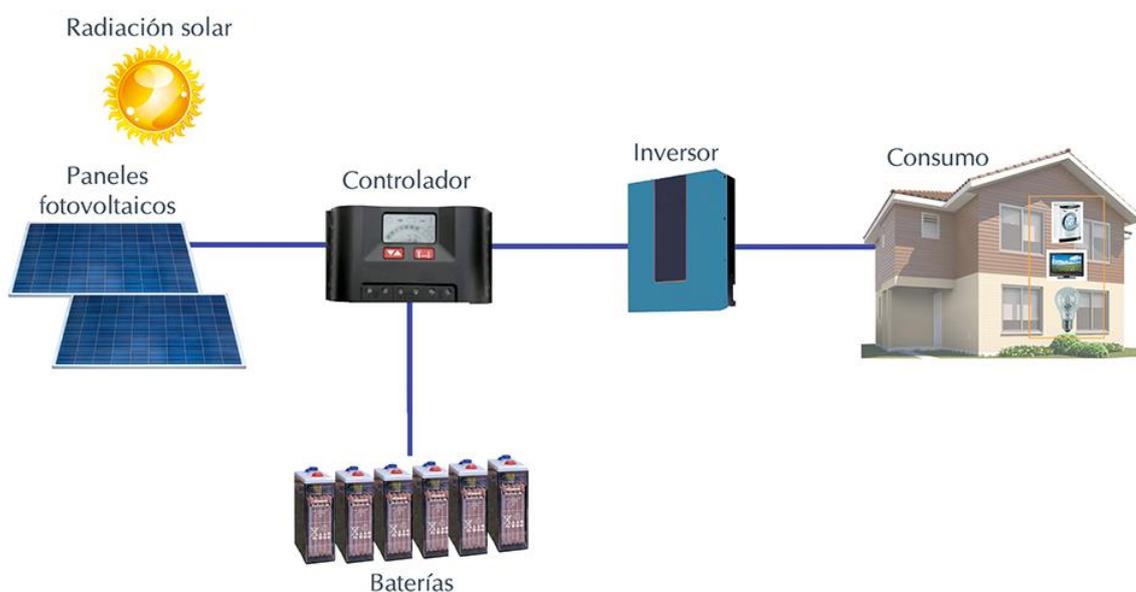


Figura 4: Componentes de un sistema fotovoltaico aislado

Fuente: <https://bester.energy/blog/aplicaciones-sistemas-energia-fotovoltaica-aislados/>

#### 2.2.2.2.1. Módulo o panel fotovoltaico.

Los módulos fotovoltaicos son estructuras robustas y manejables sobre la que se colocan las células fotovoltaicas. Dichas celdas se aprovechan del efecto fotovoltaico (explicado en la sección 2.2.1.1.2), teniendo una respuesta que es determinada por los mismos parámetros que describen a una célula (Bravo y Gamarra, 2016). La mayoría de los paneles son rígidos, pero ya existen paneles flexibles. Las conexiones eléctricas son hechas en serie para alcanzar el voltaje deseado y en paralelo para la cantidad de corriente deseada (Martínez, 2014).

Los módulos pueden tener diferentes tamaños, siendo los más utilizados los que tienen superficies que van de los  $0,5 \text{ m}^2$  a los  $1,3 \text{ m}^2$  y constan normalmente de 36 células (Tinoco y Huamaní, 2013).

Los paneles solares se caracterizan con los siguientes parámetros:

- Corriente de cortocircuito ( $I_{cc}/I_{sc}$ ): Es la intensidad máxima de la corriente que circula en un panel conectado en corto circuito. Su valor es proporcional al área superficial y la radiación luminosa. El valor típico para la corriente de cortocircuito está dado en unidades de amperes (Abad y Flores, 2016).

- Tensión o Voltaje de circuito abierto ( $V_{co}$ ): Es la diferencia potencial entre los bornes de la celda si no hubiese paso de corriente entre los bornes del mismo, es decir, es la tensión en los terminales de conexión cuando no hay ninguna carga conectada en el panel (Correa y Gonzales, 2018). Su valor es directamente proporcional al número de celdas asociadas en serie y varía muy poco con la intensidad luminosa.
- Potencia máxima ( $P_{max}$ ) o Potencia pico: Es el valor máximo de potencia que se obtiene entre el producto de la corriente por la tensión de salida del módulo fotovoltaico ( $I \times V$ ). Es la máxima potencia que puede entregar el panel en un determinado momento (Correa y Gonzales, 2018). Esta potencia se mide en condiciones estándar STC (Radiación solar =  $1000 \text{ W/m}^2$ , Temperatura =  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ; Masa de aire = 1,5).
- Factor de forma (FF): Es un parámetro de mucha utilidad, ya que nos da una idea de la calidad de las células fotovoltaicas, porque es una medida de lo escarpada que es su curva característica, cuanto más se aproxima a la unidad, mayor potencia puede proporcionar. Es la relación de la potencia máxima con el producto de la intensidad en cortocircuito y la tensión en circuito abierto (Abad y Flores, 2016).
- Eficiencia total del panel ( $\eta$ ): Corresponde al porcentaje de energía eléctrica generada en relación con la cantidad de energía luminosa recibida desde el sol, cuando el panel se encuentra conectado a un circuito eléctrico. Conocer este parámetro es esencial, de acuerdo con la zona geográfica donde se va a emplear, ya que con estos datos se puede reducir el costo del sistema, debido que su eficiencia está en relación a su costo (Jeri y Sacha, 2017). En la tabla N° 2 podemos encontrar eficiencias de diversos tipos de celdas solares.

El comportamiento eléctrico de los paneles está dado por las curvas de corriente  $v/s$  voltaje (curva IV) o potencia  $v/s$  voltaje (curva PV). Cada panel tiene una curva característica, bajo las condiciones estándares de prueba mencionadas anteriormente. La corriente nominal ( $I_{mp}$ ) y el voltaje nominal ( $V_{mp}$ ) del panel se alcanzan en el punto de máxima potencia.

Tabla 2

*Eficiencia de diversas celdas solares*

Tecnología	Símbolo	Características	Eficiencia de celdas en laboratorio (%)	Eficiencia típica en módulos comerciales
Silicio monocristalino	sc - Si	tipo oblea	24	(13 – 15)
Silicio policristalino	mc - Si	tipo oblea	19	(12 – 14)
Película de silicio cristalino sobre cerámica	f - Si	tipo oblea	17	(8 – 11)
Película de silicio cristalino sobre vidrio		película delgada	9	
Silicio amorfo (incluye tandems silicio – germanio)	a - Si	película delgada	13	(6 – 9)
Diseleniuro de cobre – indio / galios	CIGS	película delgada	18	(8 – 11)
Telurio de cadmio	Cdte	película delgada	18	(7 – 10)

Fuente: Jeri y Sacha, 2017

Los módulos fotovoltaicos tienen estructuras variadas, dependiendo de los diferentes fabricantes. En forma general un módulo solar puede estar formado por: Cubierta exterior, capa encapsulante anterior, células fotovoltaicas, capa encapsulante posterior, protección posterior, marco soporte y contactos eléctricos de salida (Tinoco y Huamaní, 2013).

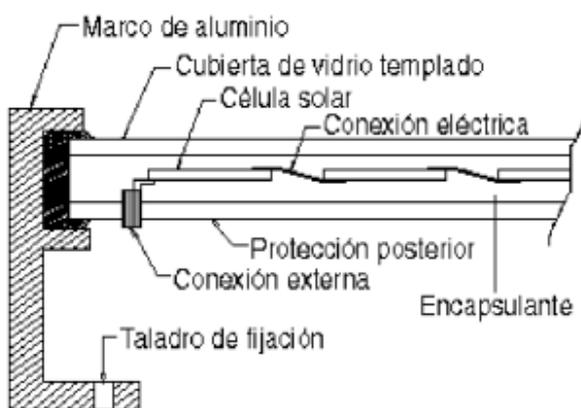


Figura 5: Corte transversal de un panel fotovoltaico

Fuente: Tinoco y Huamaní, 2013

#### 2.2.2.2.2. Baterías.

La energía producida por los paneles solares se caracteriza por su variabilidad tanto diaria como estacional. Esto afecta negativamente a la disponibilidad de la energía y, consiguientemente, a su autonomía. Para evitar este inconveniente es necesario incluir en el sistema los acumuladores eléctricos o baterías (Jeri y Sacha, 2017). Estas almacenan la electricidad generada por los paneles para poder utilizarla, por ejemplo, en horas en que la energía consumida es superior a la generada por los módulos o bien de noche (ITC, 2008). En su apariencia externa, las baterías para uso fotovoltaico no difieren de aquellas usadas para autos; sin embargo, internamente las baterías para aplicaciones fotovoltaicas son de ciclo profundo, lo cual significa que pueden descargar una cantidad significativa de energía antes de que requieran recargarse y así proveer, durante muchas horas, corrientes eléctricas moderadas (Vega y Ramírez, 2014).

Según Valdiviezo (2014), los principales parámetros que determinan el comportamiento de la batería son:

- Capacidad de descarga: Es el producto de la intensidad de descarga por el tiempo que actúa. Se expresa en Amperios Hora. Si la temperatura es mayor a la indicada en el catálogo, la capacidad disminuye; si la temperatura es menor, puede afectar la vida útil de la batería.
- Profundidad de la descarga: Es el porcentaje de la capacidad total de la batería que es utilizada durante un ciclo de carga/descarga. Para aplicaciones fotovoltaicas es común utilizar baterías de descarga profunda, es decir, descargas entre 75% - 80%.
- Ciclo de vida: Cantidad de cargas/descargas que llega a tener la batería. La vida útil depende del espesor de las placas, concentración del electrolito y principalmente de la profundidad de descarga.

Los principales tipos de batería disponibles en el mercado son los mencionados a continuación:

- Plomo-Ácido: Las baterías de este tipo se utilizan ampliamente en sistemas fotovoltaicos, la unidad de construcción básica de una batería de cada celda de 2 V. La capacidad de almacenaje de energía de una batería depende de la velocidad de descarga. Requieren mantenimiento considerable y se debe tener proporcionar una adecuada ventilación y protección contra ambientes corrosivos, debido al electrólito (ácido) (Valdiviezo, 2014 y Flores, Gutiérrez y Guevara, 2016).

- Níquel-cadmio: Tienen una estructura física similar a las anteriores, solo que en lugar de Plomo se utiliza hidróxido de Níquel para las placas positivas y óxido de Cadmio para las negativas (Flores, Gutiérrez y Guevara, 2016).

#### 2.2.2.2.3. *Regulador de carga.*

Para un funcionamiento correcto del sistema, entre los paneles (captador) y las baterías (acumulador), debe instalarse un sistema de regulación de carga (regulador) (Cieza, 2017). El regulador evita la descarga de las baterías sobre los paneles, asimismo, cuida la vida útil de la batería, monitoreando la tensión de la batería (Valdiviezo, 2014). Este regulador interrumpe la carga una vez que esta se ha completado y brinda protección en contra descargas excesivas, pues si esto se produce se inician un proceso de gasificación (hidrólisis del agua en hidrógeno y oxígeno) o de calentamiento, que pueden llegar a ser peligrosos (Cieza, 2017). Cumple también la función de mantener a las baterías en estado de flotación, esto es, en estado de máxima carga en los días en que no hay consumo (Medina, 2017).

Según Sánchez Quiroga (2012), citado por Cieza (2017), existen diversos tipos de reguladores comercializados para aplicaciones fotovoltaicas. Refiriéndonos a la forma de conmutación con la batería, encontramos dos tipos de sistemas de regulación:

- En paralelo, donde el exceso de tensión se controla derivando la corriente a un circuito que disipa la energía sobrante.
- En serie, que incorpora interruptores, electromecánicos o electrónicos, que desconectan el generador cuando la tensión excede de un determinado nivel de referencia.

Para Abad y Flores (2016), existen 2 tipos de reguladores: PWM y MPPT.

- Reguladores de carga PWM: Es un interruptor que conecta los paneles solares a la batería. Funciona en dos etapas, la primera para mantener el voltaje a un máximo seguro para que la batería alcance la carga completa y la segunda es cuando cae el voltaje a valores cercanos de la batería. Estos reguladores son baratos y tienen una vida útil larga, la mayoría tienen un sistema de refrigeración de calor pasiva.
- Reguladores de carga MPPT: Incluye un convertidor de voltaje, transformando el voltaje del panel al requerido por las baterías, con muy poca pérdida de energía.

Se menciona que los reguladores MPPT superarán a PWM en climas templados-fríos mientras que ambos reguladores mostrarán aproximadamente el mismo rendimiento en un clima tropical y subtropical (Abad y Flores, 2016).

#### 2.2.2.2.4. *Inversores.*

Su función es cambiar la tensión y características de la intensidad que reciben convirtiéndola a la adecuada para su utilización (Jeri y Sacha, 2017). El tipo de inversor más utilizado en una instalación fotovoltaica aislada es el del tipo cc/ac, que convierte la tensión del banco de batería a consumos de corriente alterna (Jeri y Sacha, 2017). Para los sistemas aislados, deben ser auto conmutados, es decir, que no utilizan energía de una fuente exterior (Cieza, 2017).

Otros componentes de los sistemas fotovoltaicos aislados incluyen elementos de protección y cables. Se puede contar con sistemas de protección externos, los cuales pueden ser fusibles, protección contra altas tensiones tanto para corriente alterna como para corriente continua y diodos. Los cables para la instalación deben contar con el aislamiento adecuado, la selección de los mismos depende de la aplicación y del tipo de canales utilizados (Valdiviezo, 2014).

#### 2.2.2.3. *Factores que afectan el rendimiento de un Panel Fotovoltaico.*

##### 2.2.2.3.1. *Luz incidente.*

Debido a que la luz incidente tiene distintas longitudes de onda, cerca del 50% de la radiación recibida no está dentro del margen aceptado por los paneles solares y se pierde, ya sea por poca o demasiada energía. Por otro lado la corriente es directamente proporcional a la radiación incidente y aceptada por el panel, por lo que un bajo nivel de energía radiante provocará que la corriente generada también sea baja.

##### 2.2.2.3.2. *Reflexión.*

Estas pérdidas se producen en la superficie del panel, debido a la reflexión de los rayos incidentes. Para disminuirlas, se están utilizando capas antirreflejo y superficies rugosas en la fabricación.

##### 2.2.2.3.3. *Efecto de la sombra.*

Las sombras afectan notoriamente el rendimiento de los paneles solares, es por esto que al diseñar una instalación fotovoltaica se debe procurar situar los paneles en lugares donde no sufran este tipo de interferencias.

Este efecto es más notorio en instalaciones de paneles conectados en serie, ya que si un panel es sombreado no generará los mismos niveles de energía que los que se encuentran descubiertos, por lo cual consumirá energía, en vez de generarla.

#### 2.2.2.3.4. Orientación y ángulo de inclinación.

Los paneles solares trabajarán en forma óptima cuando su orientación sea directa hacia el sol, es decir, que el panel se sitúe perpendicularmente hacia el sol (Martinez, 2014). Para que un correcto funcionamiento del panel fotovoltaico es necesario saber su orientación, así como los siguientes aspectos: la dirección de los rayos solares, la zona geográfica donde se instalarán los paneles solares (altitud, longitud y latitud) (Jeri y Sacha, 2017). Se recomienda que los paneles solares del hemisferio norte estén dirigidos hacia el sur, Mientras que en el hemisferio sur, se recomienda que los paneles solares se encuentren dirigidos al norte, en conclusión, los paneles deben de apuntar hacia el Ecuador (Jeri y Sacha, 2017).

La inclinación normalmente tiene que ser igual a la latitud del lugar, lo que es posible siempre que no haya exigencias de tipo arquitectónico que lo impidan (Tinoco y Huamaní, 2013). Como recomendación, en la época de invierno el ángulo de inclinación debería ser el ángulo de latitud más  $10^\circ$  aproximadamente y en la época de verano, debería ser el ángulo de latitud menos  $10^\circ$  aproximadamente (Jeri y Sacha, 2017).

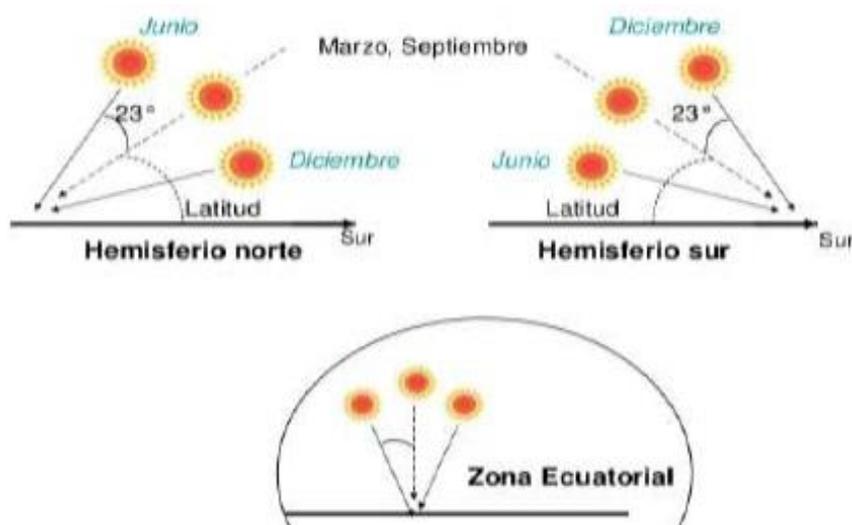


Figura 6: Orientación del panel fotovoltaico en distintas zonas.

Fuente: Jeri y Sacha, 2017

#### **2.2.2.4. *Mantenimiento de un sistema Fotovoltaico.***

El mantenimiento del sistema fotovoltaico es muy bajo comparado con otros sistemas energéticos, pero se debe tener presente que la superficie del panel esté siempre limpia y libre de sombras (Martinez, 2014). El modo adecuado de limpiarlos sería con agua y jabón no agresivo, con la ayuda de una esponja suave (Jeri y Sacha, 2017).

Si la batería es del tipo de Plomo-ácido no sellada, debe controlarse el nivel del líquido una vez al año. Además, se debe evitar que los bornes de conexión se sulfaten, también hay que instalar la batería en lugares suficientemente sombreados y ventilados. El cableado del sistema se debe mantener en perfectas condiciones, a fin de evitar sobrecalentamiento de los conductores, para lo cual es recomendable realizar inspecciones periódicas.

#### **2.2.3. *Eficiencia energética.***

El gran desafío que compone el cambio climático requiere la reducción de los GEI. Existe un consenso en que un cambio fundamental en los patrones de producción y consumo de energía debe comenzar cuanto antes. Este cambio debe efectuarse contemplando el uso de las energías renovables existentes, descritas en las secciones anteriores, y la adopción de medidas de eficiencia energética como la acción más efectiva en el corto y mediano plazo (Vega y Ramírez, 2014).

Para Ttacca y Mostajo (2017), la eficiencia energética “Es la relación entre la cantidad producida de un servicio o utilidad y la cantidad de energía consumida para proporcionarla, significa consumir menos energía manteniendo un nivel equivalente de actividades o prestaciones económicas”. Una mejora de la eficiencia energética implica producir la misma cantidad de servicio consumiendo menos energía, o bien producir más cantidad consumiendo la misma cantidad de energía.

Según el ITC (2008), la eficiencia energética es:

...” El hecho de minimizar la cantidad de energía necesaria para satisfacer la demanda sin afectar a su calidad; supone la sustitución de un equipo por otro que, con las mismas prestaciones, consuma menos electricidad. No supone, por tanto, cambios en los hábitos de consumo (el comportamiento del usuario sigue siendo el mismo), pero se consume menos energía ya que el consumo energético para llevar a cabo el mismo servicio es menor” (p.122).

### ***2.2.3.1. Eficiencia energética en la edificación.***

Cerca del 90% de la actividad humana urbana se desarrolla en el interior de edificios y casi todo el tiempo restante dentro de las ciudades, ya sea en los hogares, en el trabajo o en otras actividades (Nuñez, 2015). De acuerdo con Pérez-Lombard, et al. (2008) citado por Nuñez (2015), los edificios requieren cuantiosas cantidades de energía para la iluminación, aire acondicionado, ascensores o escaleras eléctricas, bombeo de agua y funcionamiento del equipamiento instalado en las diferentes áreas, y son responsables del 40 % de las emisiones de CO<sub>2</sub>, del 60 % del consumo de materias primas, el 60% de la electricidad, el 50 % del consumo de agua y del 35% de la generación de residuos y de la ocupación del suelo.

La clase de consumo varía en función del uso del edificio (Ver figura 7), y puede corresponder a uso residencial o servicios, presentando ambas una concentración superior al 75% de su consumo energético en iluminación, climatización y agua caliente sanitaria. Las tipologías de consumos analizadas en estas edificaciones son:

- Climatización (calefacción y refrigeración) y agua caliente sanitaria (incluye pequeños equipos de aire acondicionado)
- Iluminación
- Electrodomésticos y cocinas
- Equipos ofimáticos

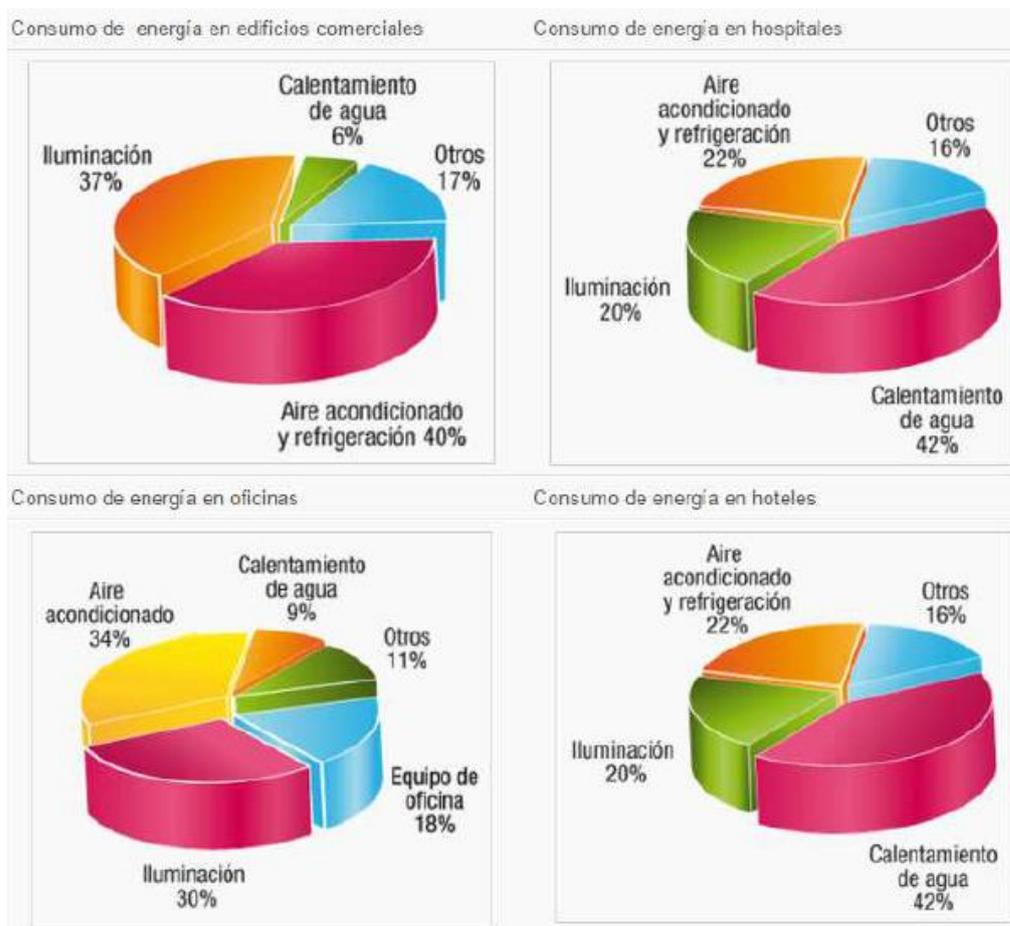


Figura 7: Tipología de consumo de energía en función del uso final del edificio.

Fuente: Nuñez, 2015

Tal como lo presenta la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2013), citado por Nuñez (2015) en la figura 8, existe un gran potencial para ahorrar energía y reducir el impacto negativo sobre el medio ambiente en el conjunto de viviendas y edificios.

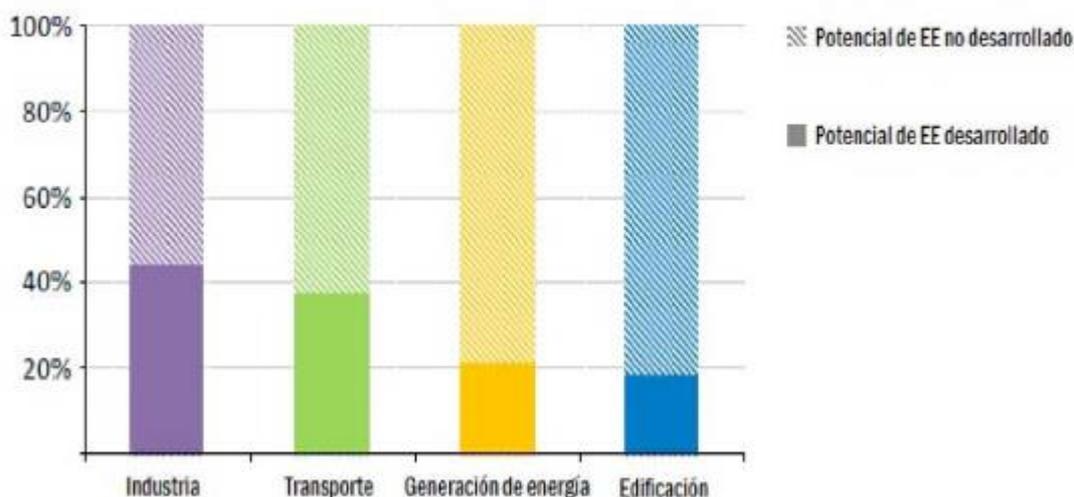


Figura 8: Potencial de Eficiencia Energética utilizado por sectores

Fuente: Nuñez, 2015, IEA, 2013

Según el ITC (2008), las medidas para lograr la eficiencia energética se pueden clasificar en:

- Medidas de carácter tecnológico: eficiencia energética y sustitución de fuentes de energía contaminantes.
- Medidas para un consumo responsable: cultura y pautas para el ahorro energético.
- Medidas instrumentales: económicas, normativas, fiscales y de gestión.

En este estudio se aplicarían las medidas de carácter tecnológico para comenzar con el campo de eficiencia energética dentro de la Universidad ESAN.

### 2.2.3.2. *Indicadores de eficiencia energética.*

Para la IEA (2016), en términos sencillos, un indicador es algo que nos da algún indicio; en sentido más complejo, un indicador podría ser “uno o varios valores estadísticos que en su conjunto constituyen un indicio”. Además, los indicadores pueden ser expresados en unidades de energía, en ratios (litros por 100 kilómetros, kilowatt horas [kWh] por tonelada de papel) o pueden ser escritos en porcentajes.

Los indicadores de eficiencia energética son una herramienta importante para analizar interacciones entre la actividad económica, el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Estos indicadores muestran dónde pueden efectuarse ahorros de energía y proveen información sobre las tendencias respecto al consumo histórico de energía (IEA, 2016).

La metodología que se utilizará en este estudio es la planteada por la Agencia Internacional de Energía (IEA), la cual se basa en la estructura conceptual de una pirámide que presenta una jerarquía de indicadores energéticos, desde los más detallados al final de la pirámide, a los menos detallados en la cúspide como se puede observar en la figura 9.

Esta jerarquía es importante porque muestra como pequeños cambios en los niveles más bajos pueden estar ligados a un orden superior, mostrando entonces como los primeros afectan a los últimos.

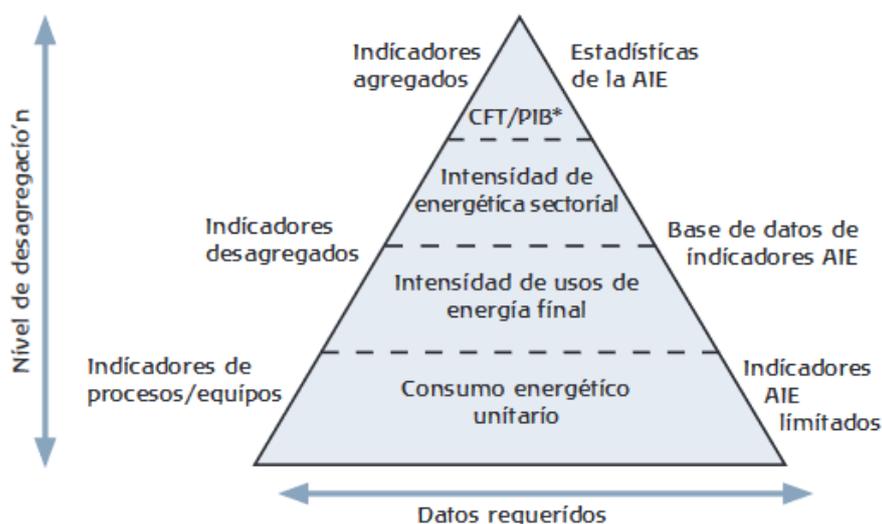


Figura 9: Representación esquemática de la pirámide de indicadores energéticos.

Fuente: IEA, 2016

Los indicadores de eficiencia energética requieren de información detallada, que por lo general son intensidades, presentadas como la relación entre el consumo energético (medido en unidades de energía) y los datos de las actividades (medidas en unidades físicas). El consumo energético puede expresarse en diversas unidades (kWh, julios, toneladas equivalentes al petróleo, etc.), mientras que los datos por actividad abarcan distintas actividades, expresados en tantas unidades como actividades (toneladas, metros cuadrados, kilómetros, número de empleados, etc).

$$\text{Indicador de eficiencia energética} = \frac{\text{Consumo energético}}{\text{Datos de las actividades}}$$

2.2.3.2.1. *Indicadores de eficiencia energética para el sector servicios.*

El sector servicios incluye todas las actividades relativas al comercio, finanzas, inmobiliario, administración pública, salud, alimentación y alojamiento, educación y servicios comerciales, según se ha establecido en la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) (por su sigla en inglés: ISIC) (IEA, 2016).

Como primer paso para el desarrollo de indicadores significativos en este sector, se debe asegurar que la información de los balances energéticos represente en forma precisa el consumo energético. El desarrollo de encuestas o modelos para estimar esta variable es otro paso necesario para la elaboración de indicadores en este sector (IEA, 2016).

Los principales usos finales en el sector de servicios son: calefacción, enfriamiento, calentamiento de agua, iluminación y otros equipos. A continuación, se listan los indicadores recomendados por la IEA para el sector servicios. Sin embargo, solo se incluirán aquellos relacionados a las actividades de la Universidad ESAN.

Tabla 3

*Listado de indicadores utilizados en el sector servicios*

Indicador	Cobertura	Datos energéticos	Datos por actividad
<b>Consumo energético del enfriamiento de locales por valor agregado</b>	General	Consumo energético total del enfriamiento de locales	Total valor agregado
	General	Consumo energético total del enfriamiento de locales	Superficie total enfriada
<b>Consumo energético del enfriamiento de locales por superficie enfriada</b>	Por sistema de enfriamiento de locales	Consumo energético del enfriamiento de locales en lo sistema de enfriamiento $\alpha$	Superficie enfriada con el sistema $\alpha$
	Por categoría de servicio	Consumo energético del enfriamiento de locales en la categoría de servicio A	Superficie enfriada en categoría de servicio A
<b>Consumo energético del enfriamiento de locales por unidad de actividad</b>	Por categoría de servicio	Consumo energético del enfriamiento de locales en la categoría de servicio A	Unidad de actividad en la categoría de servicio A
<b>Consumo energético para el calentamiento de agua por valor agregado</b>	General	Consumo energético total en el calentamiento de agua	Total valor agregado
	Por categoría de servicio	Consumo energético en el calentamiento de agua para la categoría de servicio A	Unidad de actividad en la categoría de servicio A

<b>Consumo de la iluminación por valor agregado</b>	General	Consumo energético total para la Iluminación	Total valor agregado
<b>Consumo energético para la iluminación por superficie</b>	General	Consumo energético total para la Iluminación	Superficie total
	Por categoría de Servicio	Consumo energético para la iluminación para categoría de servicio A	Superficie de categoría de servicio A
<b>Consumo de la iluminación por unidad de actividad</b>	Por categoría de Servicio	Consumo de la iluminación para categoría de servicio A	Unidad de actividad de servicio en la categoría A
<b>Consumo energético para otros equipos por valor agregado</b>	General	Consumo energético total para otros equipos	Total valor agregado
	Por categoría de Servicio	Consumo energético para otros equipos para categoría de servicio A	Valor agregado de categoría de servicio A
<b>Consumo de otros equipos por Superficie</b> <b>Consumo energético para otros equipos por unidad de actividad</b>	General	Consumo energético total para otros equipos	Superficie total
	Por categoría de Servicio	Consumo energético para otros equipos en la categoría de servicio A	Unidad de actividad en la categoría de servicio A

○ Enfriamiento      ○ Calentamiento de agua      ● Iluminación      ● Otros equipos

Fuente: IEA, 2016

Para poder obtener los indicadores de eficiencia energética de la Universidad ESAN se utilizarán los siguientes datos:

- Enfriamiento (aire acondicionado): Consumo energético en enfriamiento de locales por unidad de superficie (total o calefactada). Se necesita los datos de Consumo energético para enfriamiento de locales y superficie refrigerada (o superficie total edificada).
- Iluminación: Se necesita los datos de Consumo total para la iluminación en categoría de servicio A y Unidad de actividad de la categoría de servicio A (número de estudiantes/ocupantes).
- Otros equipos: Se necesita los datos de Consumo total para otros equipos en la categoría de servicio A y Unidad de actividad de la categoría de servicio A (número de estudiantes/ocupantes).

Estos datos se obtendrán a partir de la observación directa de documentos y encuestas a servicios generales, profesores y/o alumnos dentro de la Universidad ESAN.

#### **2.2.4. Marco legal.**

##### ***2.2.4.1. Política Energética de Estado Perú 2010-2040 (Decreto Supremo n° 064-2010-EM).***

Propuesta por el Ministerio de Energía y Minas, tiene como visión: “Un sistema energético que satisface la demanda nacional de energía de manera segura, oportuna, sostenible y eficiente, que se soporta en la planificación y en la investigación e innovación continua”. Cuenta con nueve objetivos de política, y siendo el más resaltante para nuestro tema el objetivo N° 4: Contar con la mayor eficiencia en la cadena productiva y de uso de la energía, que incluya la aplicación productiva intensiva.

##### ***2.2.4.2. Ley de promoción de uso eficiente de la energía y su reglamento.***

Ley N° 27345, Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía, declara de interés nacional la promoción del Uso Eficiente de la Energía (UEE) para asegurar el suministro de energía, proteger al consumidor, fomentar la competitividad de la economía nacional y reducir el impacto ambiental negativo del uso y consumo de los energéticos.

Su Reglamento, el Decreto supremo N°053-2007 MINEM del 22-10-2007, tiene entre uno de sus objetivos “Elabora indicadores de consumo de energía de los sectores industrial y de servicios para que sirvan de orientación al resto de empresas”.

##### ***2.2.4.3. Ley de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables (Decreto Legislativo N° 1002).***

Tiene por objeto promover el aprovechamiento de los Recursos Energéticos Renovables (RER) para mejorar la calidad de vida de la población y proteger el medio ambiente, mediante la promoción de la inversión en la producción de electricidad. El presente Decreto Legislativo es de aplicación a la actividad de generación de electricidad con RER que entre en operación comercial a partir de la vigencia del presente Decreto Legislativo. La obtención de los derechos eléctricos correspondientes, se sujeta a lo establecido en el Decreto Ley N° 25844, Ley de Concesiones Eléctricas, su Reglamento y normas complementarias.

#### **2.2.4.4. *Reglamento de la Ley de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables (D.S. N° 012-2011-EM).***

El Reglamento tiene por objeto establecer las disposiciones reglamentarias necesarias para la adecuada aplicación de la Ley a fin de promover el desarrollo de actividades de producción de energía eléctrica a base del aprovechamiento de RER.

#### **2.2.4.5. *Plan energético Nacional 2014-2025.***

Este documento analiza las medidas de política sectorial a implementar, además, destaca los proyectos de inversión que se relacionan con los objetivos sectoriales básicos; es decir contar con un abastecimiento energético competitivo, lograr la seguridad y el acceso universal al suministro energético, y desarrollar los proyectos energéticos con mínimo impacto ambiental y bajas emisiones de carbono en un marco de desarrollo sostenible.

En cuanto a eficiencia energética, menciona que para el periodo 2014 – 2025 se impulsará una política de eficiencia energética dirigida a la disminución de la dependencia externa, el aumento de la competitividad del sector energía, menores impactos ambientales y mejora en el acceso a la energía.

### **2.3. Marco conceptual**

- Ahorro energético: Según el ITC (2008), “el ahorro energético conlleva un cambio en los hábitos de consumo; en ocasiones bastaría con eliminar los hábitos que despilfarran energía”. Por ejemplo, ahorro energético sería apagar las luces al salir de una habitación; ya que la luz encendida en una habitación vacía no produce ningún beneficio y, sin embargo, está consumiendo energía.
- Constante solar: “Cantidad de energía solar que incide sobre una superficie de 1 m<sup>2</sup> por segundo, cuando esta se halla en el tope de la atmósfera a la distancia media sol-tierra. Su valor es aproximadamente 1,36 kW/m<sup>2</sup>” (Chapoñan, 2018)
- Consumo eléctrico: “Número de Watts hora (Wh) o Kilowatts hora (kWh) utilizados para que funcione un aparato eléctrico durante un tiempo” (Cieza, 2017).
- Corriente eléctrica: “Es el movimiento o paso de electricidad a lo largo del circuito eléctrico desde el generador de electricidad hasta el aparato donde se va a utilizar, que llamaremos receptor, a través de los conductores” (CANAME, s.f.).

- Corriente continua (DC): “Electricidad cuyo potencial electromotriz no varía en el tiempo” (Vergara, 2009).
- Corriente alterna (AC): “Electricidad cuyo potencial electromotriz varía en el tiempo y en forma periódica, típico 220 V” (Vergara, 2009).
- Dimensionamiento: “Método matemático para determinar capacidades adecuadas de los diferentes componentes del Sistema Fotovoltaico” (Vergara, 2009).
- Energía: “Capacidad para realizar un trabajo. Se mide en julios (Símbolo E)” (RAE, 2018).
- Energía cinética: “Energía que posee un cuerpo por razón de su movimiento” (RAE, 2018).
- Espectro electromagnético: “El espectro electromagnético es el conjunto de longitudes de onda de todas las radiaciones electromagnéticas” (GreenFacts, s.f.)
- Hora pico solar: La energía de una hora (pico solar) es equivalente a la energía recibida durante una hora a una irradiancia promedio de  $1\,000\text{ W / m}^2$  (Perez, Morales y Castro, 2017).
- Indicador: “Se podría decir que un indicador es algo que nos da algún indicio. En sentido más sofisticado, un indicador podría ser uno o varios valores estadísticos que en su conjunto constituyen un indicio” (IEA, 2016).
- Irradiación: “Es la cantidad de irradiancia recibida en un lapso determinado, es decir, la potencia recibida por unidad de tiempo y de superficie. Se suele medir en  $\text{Wh/m}^2$  o unidades equivalentes” (Cieza, 2017).
- Irradiancia: “Es la magnitud que describe la radiación o intensidad de iluminación solar que llega hasta nosotros, medida como una potencia instantánea por unidad de superficie,  $\text{W/m}^2$  o unidades equivalentes” (Cieza, 2017).
- Intensidad de corriente: “Es la cantidad de carga eléctrica que pasa a través del conductor por unidad de tiempo (por segundo), por lo tanto, el valor de la intensidad instantánea. Se mide en Amperios (A)” (EcuRed, s.f.).
- Materiales semiconductores: “La conductividad de los semiconductores aumenta con el incremento de la temperatura, por lo que estos materiales llegan a ser conductores cuando adquieren una energía determinada que puede ser térmica o solar” (Vega y Ramirez, 2014).

- Metales conductores: “Materiales que existen en estado cristalino. Los átomos que forman este estado poseen un alto grado de ordenamiento. Debido a esta situación las fuerzas de atracción entre los átomos son máximas” (Vega y Ramirez, 2014).
- Radiación: “Energía ondulatoria o partículas materiales que se propagan a través del espacio” (RAE, 2018).
- Resistencia: “Dificultad que ofrece el conductor al paso de una corriente eléctrica. Se mide en Ohmios” (CANAME, s.f.).
- Sistema: “Conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a determinado objeto” (RAE, 2018).
- Tensión o voltaje: “Para que se origine la corriente eléctrica es necesario que en el generador se produzca una fuerza electromotriz que cree una diferencia de potencial entre los terminales o polos del generador. Se mide en Voltios (V)” (CANAME, s.f.).

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1. Diseño de la investigación**

El término diseño se refiere al plan o estrategia para obtener la información que se desea. Esto ayuda al investigador a visualizar la manera práctica y concreta de responder a las preguntas de investigación y de cubrir los objetivos fijados (Hernández, et al., 2014).

#### **3.1.1. Diseño.**

Este estudio presenta un diseño No experimental, ya que no se manipulan las variables. Según Hernández et al. (2014), los diseños no experimentales se tratan de estudios donde las variables independientes no se hacen variar en forma intencional para ver su efecto sobre otras variables. “Lo que se hace en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente analizarlos” (Hernández, et al., 2014).

Los diseños de investigación no experimentales se pueden clasificar en transeccionales y longitudinales. El primer tipo de diseño tiene como propósito describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Por otro lado, los diseños longitudinales tienen como propósito recolectar datos a través del tiempo, para sacar conclusiones respecto al cambio y consecuencias (Hernández, et al., 2014).

Siendo aún más específicos, un diseño transeccional se puede dividir en: exploratorio, descriptivo y correlacional-causal. Este último tipo describe relaciones entre dos o más variables en un momento determinado y pueden establecer relaciones que no necesariamente tengan sentido o relaciones de causalidad (Hernández, et al., 2014).

Para el caso de este estudio, se dimensionará y diseñará un sistema fotovoltaico, para luego evaluar cómo su funcionamiento influye en la eficiencia energética de la Universidad ESAN y ayuda a la disminución de GEI. Estas actividades se llevaron a partir del mes de febrero del 2019, por lo cual, este estudio presenta un diseño transeccional. Además, como ya se mencionó en la sección 1.5, se ve una relación causa-efecto entre las variables dependientes e independientes, por lo que el diseño también presentaría una relación causal.

#### **3.1.2. Tipo – Nivel de la investigación.**

Esta investigación es de tipo/alcance correlacional, ya que este tipo de investigaciones tienen como finalidad conocer la relación que exista entre dos o más variables en un contexto en particular. En este caso se espera conocer la relación que tiene el uso del sistema fotovoltaico

con la eficiencia energética dentro de la Universidad ESAN y también si el uso de este sistema ayuda a la disminución de GEI.

Según Hernández et al. (2014), estos estudios, al evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, miden cada una de ellas y, después, cuantifican y analizan la vinculación. Además, la investigación correlacional tiene un valor explicativo parcial, ya que el hecho de saber que dos conceptos o variables se relacionan aporta información explicativa.

### **3.1.3. Enfoque de la investigación.**

Este estudio tiene un enfoque cuantitativo, ya que es un proceso secuencial y probatorio; usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

Según Hernández et al. (2014), este proceso puede ser como sigue: se parte de una idea (árbol de problemas), de la que se han planteado objetivos y preguntas de investigación (Capítulo I), se revisa la literatura y se construye un marco teórico (Capítulo II). De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se desarrolla un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas (con frecuencia utilizando métodos estadísticos), y se establece una serie de conclusiones respecto de la(s) hipótesis.

Este proceso será seguido por esta investigación. Como se ha mencionado anteriormente, este es un estudio no experimental transeccional correlacional, que tiene como variables: generación de energía eléctrica, eficiencia energética y emisiones de GEI. Estas variables serán medidas, cuantificadas y evaluadas para comprobar la relación que presentan.

## **3.2. Metodología de implementación de la solución**

### **3.2.1. Población y muestra.**

“Una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (Selltiz et al., 1980 citado por Hernández et al., 2014).

Este estudio presenta dos variables dependientes: eficiencia energética y emisiones de GEI, para la medición de estas, se necesitará información acerca del consumo energético, cantidad de focos, computadoras, otros aparatos eléctricos, etc, por ello se necesitará tomar información de una población que es: el total de alumnos, profesores y trabajadores de la Universidad ESAN y el total de equipos eléctricos y electrónicos que se usan dentro.

Con respecto a la variable independiente: generación de energía eléctrica, se necesitarán datos acerca de la cantidad de radiación solar. Para este caso la población sería: cantidad de zonas/edificios dentro de la universidad en los que se puede medir radiación y otros parámetros meteorológicos con el uso de la estación meteorológica de la carrera de Ing. En Gestión Ambiental.

Por otro lado, la muestra es un subconjunto de elementos que pertenecen a la población, se pretende que este subconjunto sea un reflejo fiel del conjunto de la población (Hernández, et al., 2014).

Para el caso de las dos variables dependientes: eficiencia energética y emisiones de GEI para el año 2019, el tamaño y tipo de la muestra se puede hallar por métodos estadísticos. Para este estudio se eligió el edificio D para implementar el sistema fotovoltaico, por lo que se aplicará la siguiente fórmula para hallar la muestra de personas necesarias para realizar la encuesta y que esta sea representativa:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

N = Total de la población 2313

Z= 1.96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%)

p = proporción esperada (en este caso 5% = 0.05)

q = 1 – p (en este caso 1-0.05 = 0.95)

e = error de estimación (5%).

Para el caso del edificio D, tenemos que el aforo total es de: 2313 personas. Para hallar la muestra, utilizaremos un Z de 1.96 y error de 5%.

$$n = \frac{2313 * 1.96^2 * 0.05 * 0.95}{0.05^2 * (2313 - 1) + 1.96^2 * 0.05 * 0.95}$$

Esto quiere decir que realizaremos la encuesta/entrevista a: 71 personas. Además, al elegir tres pisos del edificio D para esta investigación, la muestra de equipos y aparatos eléctricos y electrónicos es: 751 equipos entre computadoras, luminarias, teléfonos y otros.

Por último, para la variable independiente: generación de energía eléctrica, se realizarán monitoreos de parámetros meteorológicos en el año 2019 en el techo del edificio D y como se mencionó anteriormente y se buscará data histórica de algunas instituciones a nivel mundial.

### 3.3. Técnicas de recolección de datos

“Recolectar los datos implica elaborar un plan detallado de procedimientos que nos conduzcan a reunir datos con un propósito específico” (Hernández, et al., 2014). En el capítulo V, abordaremos este tema con más profundidad. Sin embargo, a continuación, se mencionarán algunos instrumentos de medida.

#### - ¿Cuáles son las fuentes de donde se obtendrán los datos?

Los datos serán obtenidos a partir de:

- ✓ Empleados y/o profesores de la Universidad ESAN.
- ✓ Documentos para obtener data de consumo eléctrico (auditorías energéticas).
- ✓ Monitoreos de parámetros meteorológicos: para obtener datos de radiación solar.

#### - ¿A través de qué medio o método vamos a recolectar los datos?

- ✓ Los datos para eficiencia energética y emisiones de GEI, serán recolectados a través de observación (documentos).
- ✓ Se realizarán encuestas a personal de la Universidad para obtener información de consumos.

Estas técnicas permitirán conocer con exactitud la cantidad de equipos que consumen energía eléctrica, la cantidad de kW y emisiones de GEI y los costos en los que se incurren debido a su uso.

- ✓ Los datos de parámetros meteorológicos serán tomados mediante monitoreos en el techo del edificio D de la Universidad ESAN, con la ayuda de una estación meteorológica automática. Los monitoreos se realizaron una vez al mes, a partir del mes de febrero del 2019. Además, se tomarán datos históricos proporcionados por la NASA.

En el Anexo VIII se muestra la matriz que arroja el programa de la estación meteorológica, en la medición de la radiación solar y otros parámetros.

Por último, para la medición de la eficiencia energética se realizarán entrevistas y/o encuestas, para ello se utilizará un formato como el que se muestra en el Anexo IV. Esta encuesta se realizará a 71 personas como se explicó en la sección 3.2.1.

### 3.3.1. Operacionalización de Variables.

Como se mencionó en la sección 1.5, las variables dependientes e independientes pueden ser operacionalizadas. Los resultados se presentan a continuación:

Tabla 4

*Operacionalización de Variables*

Variable	Tipo de variable	Indicadores	Instrumento	Escala de medición
<b>Generación de energía eléctrica:</b>	Independiente	Cantidad de radiación solar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapa solar</li> <li>• Monitoreos meteorológicos</li> <li>• Investigación</li> <li>• Excel</li> </ul>	kW/h producidos al día.
<b>Eficiencia energética</b>	Dependiente	Indicadores de eficiencia energética o auditorías de eficiencia energética.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrevistas/ encuestas</li> <li>• Documentación</li> </ul>	Likert
<b>Emisiones de GEI</b>	Dependiente	Cantidad de CO <sub>2</sub> eq	Estimación de Huella de carbono	Alta, media, baja.

### 3.4. Técnicas de análisis de recolección

El análisis de los datos se efectúa sobre la matriz de datos, los que se obtendrán mediante los métodos descritos en la sección anterior.

Para procesar y analizar la información recopilada en la Universidad ESAN, se utilizará un programa computacional con hojas de cálculo, en este caso Microsoft Excel. Este programa nos ayudará a realizar todo el dimensionamiento del sistema fotovoltaico: paneles, baterías,

inversores, etc. Además, nos permitirá analizar los resultados de encuestas y/o auditorías energéticas que se realicen dentro de la Universidad.

Del mismo modo cabe anotar que existen varios programas de simulación (software) disponibles en internet los que pueden ser gratuitos o pagados. Algunos de estos son:

- Solar Pro
- Polysun
- PVDesign-Pro
- PVSYST
- TRNSYS
- HOMER

Para no aumentar los gastos, se utilizarán el programa gratuito disponibles en internet: Solar Pro.

El cálculo de las emisiones de GEI que se evitarán con el uso del sistema fotovoltaico dentro de la Universidad, se realizará con el uso de programas especializados que calculan la cantidad de CO<sub>2eq</sub>. Se utilizará la metodología de la “Environmental Protection Agency” (EPA) de Estados Unidos que cuenta con una herramienta gratuita en internet.

### **3.5. Cronograma de actividades y presupuesto**

El cronograma ayuda a ordenar en el tiempo las actividades relevantes para el desarrollo de la investigación. A continuación, se mencionan algunos beneficios de la elaboración de un cronograma:

- Resulta necesario para saber las fases y tareas que se llevarán a cabo, además de los tiempos previstos y su evolución.
- Establece plazos.
- Facilita la consecución progresiva de objetivos.
- Es una eficaz herramienta de comunicación.

Cabe resaltar que esta tesis se empezó a planificar desde el semestre 2018-I. Por lo que el cronograma que se presenta a continuación incluye la planificación y la ejecución de la tesis desde el mes de febrero de agosto del 2018.



<b>Cierre</b>												
Mejoramiento del plan de tesis I												
Redacción de tesis												
Revisión del plan de tesis												
Entrega y exposición del trabajo final												

Actividades realizadas en 2018-II 

Actividades realizadas en 2019-I 

Además del cronograma, el presupuesto es otro punto importante al realizar una tesis. El presupuesto es la cantidad de dinero que se estima que será necesaria para hacer frente a ciertos gastos. El presupuesto que se muestra a continuación incluye los gastos que se realizó en el ciclo 2018- II (agosto-diciembre) y el ciclo 2019-I (enero-julio).

Tabla 6  
*Presupuesto del plan de tesis*

<b>2018</b>				
<b>Actividad</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Total</b>
Planificación de tesis (curso)	5 meses	12 horas/mes	s/. 317	s/. 1585
Uso de laptop (energía)	5 meses	16 horas/mes	s/. 13	s/. 65
Impresiones para asesora	5 meses	2 juegos	s/. 10	s/.20
Transporte reuniones asesora (auto particular)	5 meses	3 reuniones	s/. 20	s/. 60
<b>Subtotal</b>				s./ 1730
<b>2019</b>				
Planificación de tesis (curso + tiempo extra)	5 meses	No presencial	s/. 650	s/. 3250
Uso de laptop (energía)	5 meses	30 horas/mes	s/. 2	s/. 300
Monitoreos meteorológicos	5 meses	72 horas/mes	s/. 165	s/. 825
Impresiones de encuestas	1 mes	71 juegos	s/. 0.2	s/.14.2

Transporte para encuestas/auditoría (auto particular)	5 meses	12 visitas	s/. 20	s/. 240
Transporte (auto particular)	1 mes	1 exposición	s/. 20	s/. 20
<b>Subtotal</b>				s/. 4649.2
<hr/>				
<b>Total</b>				s/. 6379.2
<hr/>				

Cabe resaltar que los monitoreos fueron cubiertos por la universidad, debido a que se cuenta con la estación meteorológica automática.

## **CAPÍTULO IV: ENTORNO INSTITUCIONAL**

### **4.1 Descripción de la organización**

La Universidad ESAN es la primera institución académica de posgrado en administración creada en el mundo de habla hispana. Transformada en Universidad ESAN desde el 12 de julio de 2003 (Ley N° 28021), es una institución peruana, privada, de alcance internacional y sin fines de lucro, con autonomía académica y de gestión. Ofrece maestrías en administración, trece maestrías especializadas, nueve carreras profesionales en el nivel de pregrado, así como programas de especialización para ejecutivos, investigación, consultoría y otros servicios académicos y profesionales.

La Universidad ESAN se rige por su Estatuto, sus reglamentos internos y demás normas del Estado que le sean aplicables dentro de su propia autonomía.

El gobierno de la Universidad ESAN corresponde a sus órganos y autoridades que son: la Asamblea General, el Consejo Universitario, el Rector y el Vicerrector Académico, los consejos de facultad y los decanos (se desarrollará mejor en la sección 4.3).

#### **4.1.1 Campus y aulas.**

El campus de la Universidad ESAN se encuentra ubicado en Monterrico y cuenta con más de 60,000 m<sup>2</sup>. Además, cuenta con laboratorios, salas de estudio y salones de cómputo equipado con sistemas multimedia, internet wi-fi, conexión de red para computadoras individuales, y equipos para teleconferencias internacionales.

El Learning Commons de la Universidad ESAN cuenta con áreas de estudio, aprendizaje e investigación colaborativo, colecciones físicas y digitales, especializadas en el campo de la administración, economía, finanzas, marketing, ingeniería, tecnología, derecho corporativo, entre otros temas. Se cuenta con más de 17,000 ejemplares disponibles que pueden ser consultados.

#### **4.1.2 Fablab ESAN.**

El Fablab es un laboratorio de fabricación digital, que forma parte de la prestigiosa red mundial de innovación Fab Lab Network del Instituto Tecnológico de Massachussett (MIT).

El laboratorio Fab Lab ESAN ha sido reconocido como Centro de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación Tecnológica (I+D+i) por el Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONCYTEC), convirtiéndose en el primer laboratorio de fabricación digital en el Perú con esta certificación.

#### **4.1.3 Convention & Sport Center.**

Este edificio cuenta con una capacidad total para 4900 personas y los siguientes espacios:

- 1 salón de usos múltiples de 1200 m<sup>2</sup>, con escenario, iluminación escénica, paneles acústicos y sistema de proyección audio y video. Aforo: 2200 personas.
- 2 salones de usos múltiples. Capacidad para 260 personas cada uno.
- 1 auditorio con butacas y escenario. Aforo: 485 personas.
- 2 salones de danza de 650 m<sup>2</sup> en total.

#### **4.2 Reseña histórica y actividad económica**

En 1962, la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional junto con diversas escuelas de negocios de los Estados Unidos estudia y explora las posibilidades de desarrollar proyectos de educación gerencial en América Latina. La Universidad ESAN fue establecida el 25 de julio de 1963 como Escuela de Administración de Negocios para Graduados-ESAN, en el marco de un convenio entre los gobiernos del Perú y Estados Unidos y encargada a la Escuela de Administración de Negocios de la Universidad de Stanford, California. En el año 2002, ESAN recibió la acreditación de la Asociación de MBA, siendo la primera entidad de educación superior y el primer programa MBA en el Perú en ser acreditado internacionalmente. En el año 2013, la Universidad ESAN recibió la acreditación internacional de la AACSB para 10 de sus programas académicos: 7 de maestrías de posgrado como 3 carreras de pregrado.

La Universidad ESAN mantiene acuerdos de cooperación con prestigiosas universidades y pertenece a los consorcios educativos de mayor renombre en el mundo de los negocios, como por ejemplo:

- AACSB - The Association to Advance Collegiate Schools of Business
- AMBA – Association for Master in Business Administration

- ICACIT
- PRME – Principles for Responsible Management Education
- Otros

En el año 2008 se inició el primer año académico de la primera promoción de estudiantes de carreras universitarias y en el 2014 se lanza la carrera Ingeniería en gestión ambiental. Actualmente cuenta con las siguientes carreras de pre grado, comprendidas en 3 facultades:

Facultad de Ingeniería:

- Ingeniería en Gestión ambiental
- Ingeniería Industrial y Comercial
- Ingeniería de Tecnologías de Información y Sistemas

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas:

- Administración y finanzas
- Administración y marketing
- Economía y Negocios internacionales

Facultad de Derecho y Ciencias Sociales:

- Derecho Corporativo
- Psicología Organizacional
- Psicología del consumidor

### 4.3 Estructura organizacional

ASAMBLEA GENERAL	CONSEJO UNIVERSITARIO	DIRECTORES	JEFATURAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jorge Armando Talavera Traverso, <i>Rector</i></li> <li>Silverio Bustos Díaz, <i>Vicerrector Académico</i></li> <li>Peter Manuel Yamakawa Tsuja, <i>Decano de la Escuela de Administración de Negocios para Graduados</i></li> <li>Jorge Alberto Cortez Cumpa, <i>Decano de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas / Decano (e) de la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales</i></li> <li>Javier Fernando Del Carpio Gallegos, <i>Decano de la Facultad de Ingeniería</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jorge Armando Talavera Traverso, <i>Rector</i></li> <li>Silverio Bustos Díaz, <i>Vicerrector Académico</i></li> <li>Peter Manuel Yamakawa Tsuja, <i>Decano de la Escuela de Administración de Negocios para Graduados</i></li> <li>Jorge Alberto Cortez Cumpa, <i>Decano de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas / Decano (e) de la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales</i></li> <li>Javier Fernando Del Carpio Gallegos, <i>Decano de la Facultad de Ingeniería</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jorge Alberto Cortez Cumpa, <i>Director de Pregrado</i></li> <li>Mariella Luisa Olivos Rossini, <i>Sub Directora de Pregrado</i></li> <li>Patricia Emilia Gonzales Peralta, <i>Directora General de Administración</i></li> <li>José Antonio Robles Flores, <i>Director del Programa Doctoral</i></li> <li>Ana Inés Reátegui Vela, <i>Directora de Programas de Desarrollo Gerencial de Lima y Regiones</i></li> <li>Lydia Aurora Arbaiza Fermini, <i>Directora de Programas Institucionales</i></li> <li>Gonzalo Guerra-García Picasso, <i>Director de Educación a Distancia</i></li> <li>Otto Regalado Pezúa, <i>Director Comercial</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cecilia Alegre Castro, <i>Jefa de la Biblioteca y Centro de Información</i></li> <li>Mariela Camargo Román, <i>Jefa de Tecnología de la Información</i></li> <li>Mónica Chavez Rojas, <i>Jefe de Registros y Servicios Académicos, pregrado</i></li> <li>Patricia Reveggino Sosa, <i>Jefa de Admisión y Registro, posgrado y pregrado</i></li> <li>Marión Rullier Cortez, <i>Jefe de Recursos Humanos</i></li> <li>Liuba Parodi Molina, <i>Jefa de Marketing de Pregrado</i></li> </ul>

### 4.4 Visión, misión y valores o principios

#### 4.4.1 Misión.

La misión de la Universidad ESAN es ofrecer una educación superior humanista, científica, y empresarial que contribuya al desarrollo integral de la persona, al bienestar de la sociedad y a la formación de líderes y profesionales responsables; capaces de responder a las exigencias de un entorno globalizado, y de participar activamente en la creación de una sociedad equitativa y justa, en el marco de los principios de libertad y democracia. Asimismo, promueve y realiza actividades que favorecen la investigación orientada a consolidar espacios para la creación intelectual, y artística de la comunidad universitaria, así como de la gestión de negocios.

#### 4.4.2 Visión.

La visión de la Universidad es ser una institución líder en el mundo, reconocida internacionalmente por su carácter innovador sobre la base de la investigación científica

y aplicada, reuniendo a los más destacados estudiantes, profesores, investigadores y graduados; quienes, a través de su gestión, dirigen las acciones y los cambios que nuestras organizaciones y la sociedad necesitan para crear un ambiente de bienestar y equidad.

## CAPÍTULO V: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

### 5.1 Determinación y evaluación de alternativas de solución

La alternativa de solución debe ser viable desde el punto de vista técnico, económico y ambiental para el suministro de energía eléctrica de 3 pisos del edificio D (4,5 y 6) de la Universidad ESAN. En figura 10 se muestra el proceso de diseño del sistema fotovoltaico en la Universidad ESAN.



Figura 10: Proceso de diseño del sistema

Como ya se mencionó en el Capítulo IV, la Universidad ESAN se encuentra en el distrito de Surco, departamento de Lima. En la figura 11, se muestra la ubicación exacta de la Universidad y el edificio D.

Se sabe que el edificio D cuenta con 10 pisos y 3 pisos de sótanos. Dentro de este edificio encontramos estacionamientos, oficinas administrativas, un comedor, salones y laboratorios de cómputo, oficinas de profesores y una biblioteca. Además, el aforo de este edificio es de 2313 personas, quienes pueden usar las computadoras, ascensores, televisores, máquinas expendedoras, entre otros equipos eléctricos.

Con el objetivo de suministrar energía eléctrica a 3 pisos del edificio D, se propone el dimensionamiento de un sistema de generación fotovoltaica. Para ello hay que tener en cuenta la disposición de paneles fotovoltaicos con respecto al sol, por lo que se deben instalar en un lugar donde se aproveche la mayor cantidad de radiación solar, además, estos deben encontrarse en un lugar de fácil acceso para su instalación y mantenimiento. Por estos motivos, se eligió el techo del edificio D para el dimensionamiento y diseño del sistema fotovoltaico.



Figura 11: Ubicación del estudio

## **5.2 Propuesta de solución**

Una vez descrito el funcionamiento del sistema fotovoltaico de manera general (Capítulo II), se puede proceder con el diseño de este, incluyendo los requisitos, el dimensionamiento de los principales componentes y el diagrama unifilar del sistema fotovoltaico. Además, el dimensionamiento y el diseño del sistema se realizarán con datos y recomendaciones de los proveedores de los equipos seleccionados (hojas técnicas). Los requerimientos, actividades y el dimensionamiento del sistema, serán realizadas en diferentes fechas, dependiendo del avance del estudio, las cuales serán mencionadas en la siguiente sección.

### **5.2.1 Planeamiento y descripción de actividades.**

Como se ha mencionado anteriormente, el diseño y el funcionamiento del sistema fotovoltaico cuenta con algunas exigencias, las cuales son:

- Datos meteorológicos
- Demanda energética
- Diseño y dimensionamiento
- Materiales
- Costo
- Montaje
- Mantenimiento

En esta sección se describirá en qué consisten las actividades para el diseño y dimensionamiento del sistema fotovoltaico. Además, se describe el montaje y mantenimiento, en caso se decida ejecutar el proyecto en el futuro. En la sección 5.2.2, se describirá como fue desarrollada cada actividad.

#### ***5.2.1.1 Datos meteorológicos.***

Los parámetros meteorológicos más importantes para el funcionamiento del sistema fotovoltaico son la radiación solar y la temperatura del ambiente. Estos datos se obtendrán con mediciones directas en el techo del edificio D con la ayuda de una estación meteorológica. Además, se utilizarán los datos de la NASA como se explica en la sección 5.2.2.1.

#### ***5.2.1.2 Demanda energética.***

Se necesita información de la demanda energética de los 3 pisos del edificio D, incluyendo en número de personas que normalmente los usan, la cantidad, modelo y

consumo energético de los diferentes equipos eléctricos, entre otros. Esta demanda energética servirá para poder dimensionar el sistema fotovoltaico que suministrará energía eléctrica al edificio.

#### ***5.2.1.3 Diseño y dimensionamiento.***

Consiste en conocer la cantidad y modelos de los paneles solares, baterías, reguladores e inversores necesarios para el funcionamiento del sistema fotovoltaico propuesto y como se pueden disponer en el techo del edificio D.

#### ***5.2.1.4 Materiales.***

La selección de materiales para el montaje del sistema debe considerar que este debe ser capaz de resistir 10 años como mínimo a la exposición a la interperie sin corrosión o fatiga apreciable, teniendo en cuenta las condiciones del sitio y con un debido mantenimiento.

#### ***5.2.1.5 Costo.***

El costo estimado de los componentes e instalación se encuentra detallado en el Capítulo VI.

#### ***5.2.1.6 Montaje y seguridad.***

El diseño del sistema será de tal modo que no ponga en riesgo a los usuarios de este. Además, se debe ubicar en un lugar sin sombras para mejorar eficiencia del sistema. El montaje deberá realizarse en un horario en el que no se interrumpa a los alumnos, profesores y trabajadores del edificio. Por último, el montaje deberá realizarse por personal con experiencia en el rubro.

#### ***5.2.1.7 Mantenimiento***

Se deberá seleccionar materiales de larga duración y con poca frecuencia de mantenimiento. Los componentes que requieran mantenimiento más frecuente, como las baterías, deberán ser accesibles fácilmente.

Algunas de estas exigencias fueron cumplidas progresivamente entre los meses de febrero y julio del año 2019, otras solo se plasman como recomendaciones y de manera teórica (montaje y mantenimiento), en caso de una posible implementación.

A continuación, se presenta el cronograma de actividades.

Tabla 7

*Cronograma de actividades*

Actividades	2019						
	E	F	M	A	M	J	J
Recolección de datos (monitoreos)							
Revisión Bibliográfica							
Redacción de tesis							
Recolección de datos (encuestas)							
Procesamiento de datos							
Análisis de datos							
Diseño y dimensionamiento							
Entrega y exposición del trabajo final							

### 5.2.2 Desarrollo de actividades

En esta parte desarrollaremos detalladamente en lo que respecta a los cálculos que justifiquen la selección de los equipos, componentes y/o accesorios que componen el sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica.

#### 5.2.2.1 Cuantificación de parámetros meteorológicos

Para la medición de parámetros meteorológicos dentro de la Universidad ESAN, se realizaron monitoreos puntuales y también se realizó la búsqueda de data meteorológica histórica.

Los monitoreos se realizaron dentro de la Universidad desde el mes de febrero del año 2019 con la ayuda de la estación meteorológica automática. La estación meteorológica utilizada es el modelo Davis Vantage Pro-2 y pertenece a la carrera de Ingeniería de Gestión Ambiental.

Los monitoreos se realizaron en las siguientes fechas: del 22 al 25 de febrero, del 8 al 11 de marzo, del 12 al 15 de abril, del 10 al 13 mayo y del 14 al 18 de junio. Cada monitoreo tuvo una duración aproximada de 72 horas, registrándose la medición de parámetros cada 30 minutos. La estación meteorológica registra los datos en  $W/m^2$  ( $1000W = 1kW$ ). En la tabla 8 y la figura 12, se muestran los promedios de radiación solar de 24 horas para cada mes y en el Anexo VIII se muestran los registros completos.

Tabla 8

*Radiación solar que llega a la Universidad ESAN ( $W/m^2$ )*

	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>
<b>Día 1</b>	277.020408	246.836735	249.959184	79.8367347	50.6734694
<b>Día 2</b>	256.541667	223.458333	231.0625	151.166667	42.5
<b>Día 3</b>	189.833333	276.717391	232	173.75	44.875
<b>Promedio</b>	241.131803	249.004153	237.673895	134.9178	46.0161565

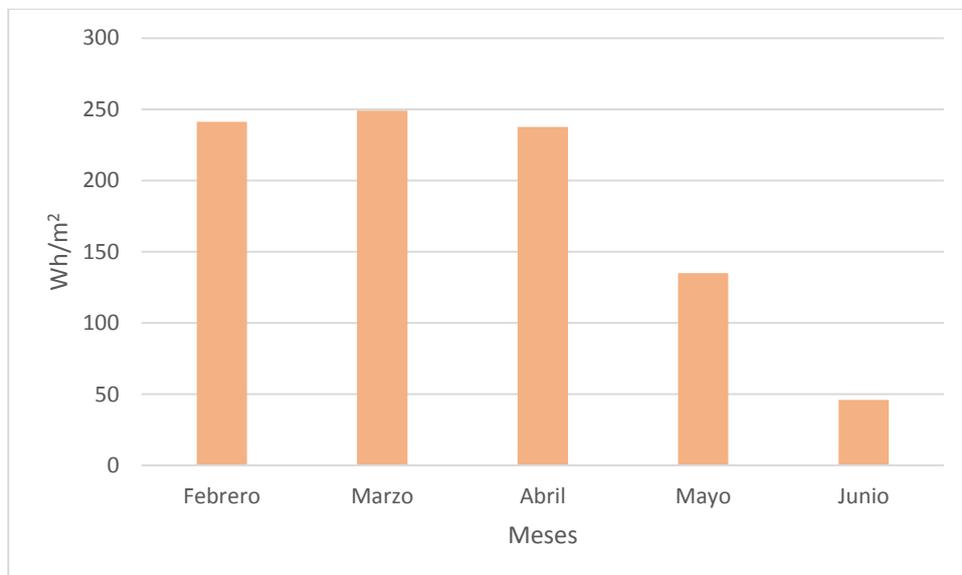


Figura 12: Radiación Solar por mes ( $W/m^2$ )

También se buscó información histórica de la radiación solar que cae en la superficie de la Universidad ESAN, para ello se utilizó la página del “*PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM*” de la Comisión Europea.

Esta página te permite escoger la ubicación exacta en donde se emplazará el proyecto y un rango de tiempo. Para este caso escogimos el techo del edificio D y un rango de tiempo desde el año 2005 al 2015. Los resultados se muestran en la tabla 9.

Tabla 9

*Radiación solar histórica (Wh/m<sup>2</sup>) – Comisión Europea*

Mes	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Prom.
Enero	206	209	187	191	202	147	202	217	224	190	201	197.82
Febrero	182	186	189	194	179	155	186	193	187	195	172	183.45
Marzo	196	201	197	203	192	186	201	199	193	190	198	196.00
Abril	180	180	179	191	184	175	183	182	190	177	181	182.00
Mayo	139	168	162	134	152	113	123	139	139	93.1	130	135.65
Junio	95.8	97	114	72.9	87.1	90.5	89.8	114	109	89.9	99	96.27
Julio	91	94.3	84.3	98.3	74.2	89.7	82.4	95.7	94.9	88.7	92.4	89.63
Agosto	126	97.5	88.5	92.2	101	119	96	98.9	112	117	117	105.92
Set.	96.3	123	99.7	112	96.9	139	139	76.1	130	127	126	115.00
Oct.	156	147	144	129	147	153	166	146	145	152	144	148.09
Nov.	171	151	169	158	147	177	167	155	155	150	122	156.55
Dic.	179	177	182	200	138	193	185	168	198	175	143	176.18

Otra página que permite obtener la radiación solar que cae en la superficie de la Universidad ESAN es “*Power Data*” de la NASA. Esta página calcula el promedio de 22 años de data solar (1983-2005). En la figura 13 se observa el resultado como gráfico y en la tabla 10, los resultados por mes.

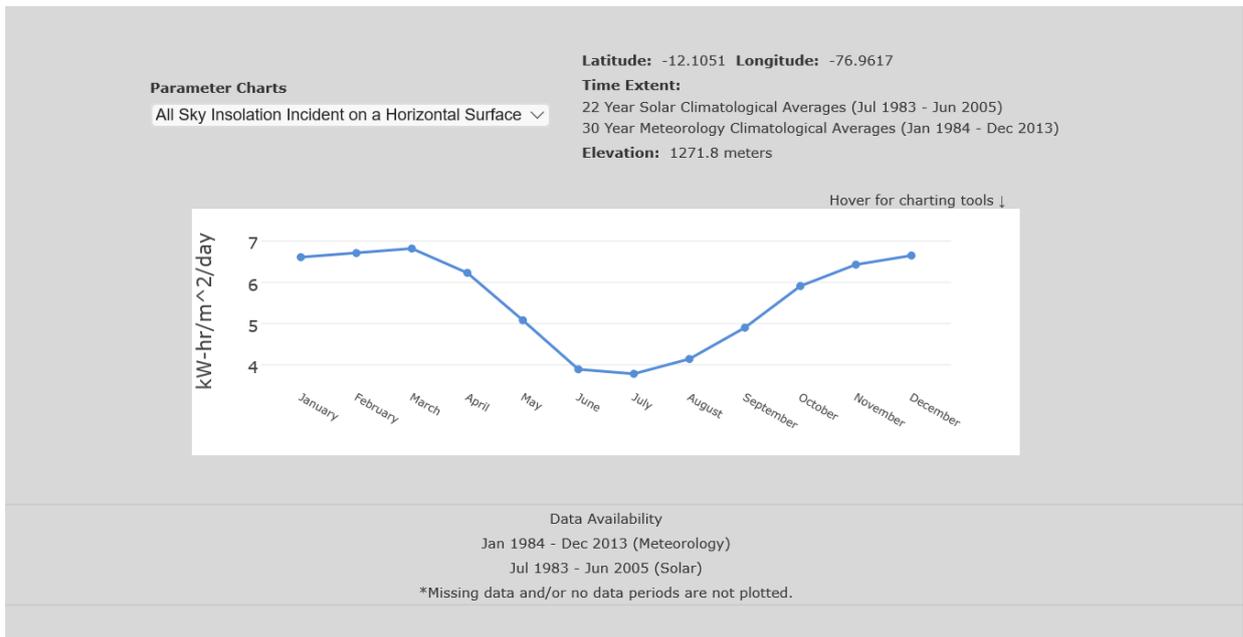


Figura 13: Descarga de data meteorológica - NASA

Tabla 10

Radiación solar histórica (kWh/m²/día) - NASA

Mes	Rad.	Mes	Rad.
<b>Ene</b>	6.61	<b>Jul</b>	3.78
<b>Feb</b>	6.71	<b>Ago</b>	4.14
<b>Mar</b>	6.82	<b>Set</b>	4.9
<b>Abr</b>	6.23	<b>Oct</b>	5.91
<b>May</b>	5.08	<b>Nov</b>	6.43
<b>Jun</b>	3.89	<b>Dic</b>	6.65
<b>Prom. Anual 5.6</b>			

### 5.2.2.2 Demanda energética

La demanda energética se halla con el supuesto de que el edificio D tiene ocupación desde las 7:00 am hasta las 11:00 pm (16 horas). El tiempo de uso de los equipos dentro de los salones, se halló sacando un promedio de horas de uso con respecto a los horarios encontrados en las puertas de dichos salones. Para el caso de las luminarias de los baños, de los pasillos y de las escaleras de emergencia, se tomó la situación más crítica, asumiendo que están prendidas todo el día (16 horas). Por último, para la máquina

expendedora, se asume que está enchufada las 24 horas del día. En la siguiente tabla se aprecian los equipos consumidores de energía en el piso 3 del edificio D con su potencia instalada.

Tabla 11

*Equipos usados en el piso 4D, 5D y 6D.*

<b>Equipos/datos</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Potencia (watts)</b>
<b>Salones</b>			
Computadoras	Lenovo	Thinkcentre	210
Proyectores	Epson	Powerlite 935W	386
Luminarias	Phillips	TLD	36
Teléfonos	Snom	IP Snom 300	2.7
Aire acondicionado	York	YS9FZH34BA*	1040
<b>Pasillos</b>			
Luminarias	Phillips	TLD	36
Máquinas expendedoras de snacks.	Bianchi	IVI 183	800
Sistema de emergencia (por piso)	SPIRIT	-	40
<b>Baños</b>			
Luminarias	Phillips	TLD	36
Secadora de manos	Helvex	MB 1012	1000
<b>Escaleras de emergencia</b>			
Luminarias	Phillips	TLD	36
<b>Entrada al edificio</b>			
Luminarias	Phillips	TLD	36

(\*) Modelo supuesto

Conocidos todos los equipos, potencias y tiempos de uso la expresión para calcular la energía de consumo, diferenciando los aparatos de corriente alterna y continua será:

$$E_{AC} = \sum P_{i(AC)} \times t_{di} \dots \dots \dots (1)$$

$$E_{DC} = \sum P_{i(DC)} \times t_{di} \dots \dots \dots (2)$$

Siendo:

$E_{AC}$ : Energía consumida en AC (Wh)

$P_i$ : Potencia Nominal (W)

$E_{DC}$ : Energía consumida en DC (Wh)

$T_{di}$ : Tiempo diario de uso (h)

Para calcular el consumo total, se tendrán en cuenta los rendimientos de las etapas existentes aplicando la siguiente expresión:

$$E_T = \frac{E_{DC}}{n_{Bat}} + \frac{E_{AC}}{n_{Bat} \times n_{Inv}} \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

$E_T$ : Energía real requerida por el sistema (consumo) (Wh)

$N_{Bat}$ : Rendimiento de la batería

$N_{Inv}$ : Rendimiento del inversor

En la tabla 12 se muestran los consumos energéticos de todos los equipos usados en los 3 pisos del edificio D.

Tabla 12

*Energía demandada en el piso 4D, 5D y 6D.*

<b>Equipos/datos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia (watts)</b>	<b>Tiempo de uso (horas al día)</b>	<b>Consumo energético (Wh)</b>	<b>Consumo energético (kWh)</b>
<b>Salones</b>					
Computadoras	22	210	8	36960	36.96
Proyectores	22	386	8	67936	67.936
Luminarias	504	36	11	199584	199.584
Teléfonos	22	2.7	0.16	9.504	0.009504
<b>Pasillos</b>					
Luminarias	42	36	16	24192	24.192
Máquinas expendedoras de snacks.	3	800	24	57600	57.6
Sistema de emergencia (por piso)	6	40	0	0	0
<b>Baños</b>					
Luminarias	42	36	16	24192	24.192
Secadora de manos	6	1000	1	6000	6

<b>Equipos/datos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia (watts)</b>	<b>Tiempo de uso (horas al día)</b>	<b>Consumo energético (Wh)</b>	<b>Consumo energético (kWh)</b>
<b>Escaleras de emergencia</b>					
Luminarias	24	36	16	13824	13.824
<b>Entrada</b>					
Luminarias	30	36	5	5400	5.4
<b>Total</b>					435.697504

### 5.2.2.3 Estimación de emisiones de GEI

Conociendo todos los equipos utilizados en los pisos 4, 5 y 6D, su potencia y el consumo energético, se puede hacer una estimación de las emisiones de GEI que se producen actualmente debido a su uso.

Para esta estimación se utilizó la calculadora de equivalencias de gases de efecto invernadero de Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos. Según esta metodología, los 688 kWh consumidos por los equipos de los 3 pisos (4, 5 y 6) del edificio D, generan 487 kg de CO<sub>2eq</sub>/día.

#### Equivalency Results [How are they calculated?](#)

The sum of the greenhouse gas emissions you entered above is of Carbon Dioxide Equivalent. This is equivalent to:

487 Kilograms

Figura 14: Cantidad de CO<sub>2eq</sub> generado en los 3 pisos del edificio D

Esta metodología también da equivalencias de otros equipos, herramientas o lugares que generan la misma cantidad de CO<sub>2eq</sub> en un periodo de tiempo, como se puede observar en la figura 15. Por ejemplo, esta cantidad de CO<sub>2eq</sub> también se obtiene utilizando 47.8 galones diesel o cargando 62037 celulares.



Figura 15: Equivalencias de CO<sub>2</sub>eq generado en los 3 pisos del edificio D

### 5.3 Medición de la solución

#### 5.3.1 Dimensionamiento y diseño del sistema fotovoltaico

El dimensionado del sistema se realizará Según Aguilera (2011), en su estudio “Dimensionado de sistemas fotovoltaicos Autónomos”, el dimensionado de un sistema fotovoltaico incluye los siguientes pasos:

##### 5.3.1.1 Paso 1: Estimación del consumo

En la sección 5.2.2.2, se calculó la demanda energética de los 3 pisos del edificio D.

### **5.3.1.2 Paso 2. Cálculo del ángulo óptimo de inclinación de los paneles**

Para el cálculo del ángulo óptimo de inclinación de los paneles fotovoltaicos del sistema es necesario conocer la radiación solar incidente en el lugar (valores medios mensuales), esta información se halló en la sección 5.2.2.1 y la latitud del lugar de estudio.

Según Abad y Flores (2016), cuando el sistema debe garantizar el suministro de energía durante el peor mes, la ecuación de la inclinación del panel debe ser:

$$\beta = \Phi + 10 \dots \dots \dots (4)$$

Dónde:  $\phi$ : latitud

Siendo la latitud de la Universidad ESAN (edificio D) de 12.08, la inclinación del panel sería:

$$\beta = 12.08 + 10$$

$$\beta = 22.08$$

### **5.3.1.3 Paso 3. Dimensionado del generador fotovoltaico**

Con la información del paso anterior, se puede calcular la energía incidente sobre los paneles fotovoltaicos. La energía incidente se obtiene con la siguiente fórmula:

$$E_i = \text{Irradiancia} \times k \dots \dots \dots (5)$$

Dónde: K es el factor de corrección.

Sabemos que la radiación no caerá directamente al panel todo el día, por lo que en todos los casos habrá pérdidas por orientación e inclinación y pérdidas por sombreado, por ello se debe efectuar una corrección utilizando un factor (k) de la tabla 12. Se escoge el factor de inclinación 25 y el mes de peor radiación que en este caso es el mes de julio. Como podemos observar, el factor de corrección obtenido es 0.85.

Tabla 13

Factor de corrección de inclinación para latitud 12.

Latitud = 12°

Inc	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.03	1.02	1.01	1	.98	.98	.98	1	1.01	1.03	1.04	1.04
10	1.06	1.04	1.01	.98	.96	.95	.96	.98	1.02	1.05	1.07	1.07
15	1.08	1.05	1.01	.97	.93	.92	.93	.96	1.01	1.06	1.09	1.1
20	1.09	1.05	1	.94	.89	.87	.89	.94	1	1.07	1.11	1.12
25	1.1	1.05	.98	.91	.85	.83	.85	.91	.99	1.07	1.12	1.13
30	1.1	1.04	.96	.87	.8	.77	.8	.87	.96	1.06	1.12	1.13
35	1.09	1.02	.93	.83	.75	.72	.74	.82	.94	1.05	1.12	1.13
40	1.08	1	.9	.78	.69	.65	.68	.77	.9	1.02	1.11	1.12
45	1.06	.97	.86	.73	.63	.58	.62	.72	.86	.99	1.09	1.1
50	1.03	.94	.81	.67	.56	.51	.55	.66	.81	.96	1.06	1.08
55	1	.9	.76	.61	.49	.44	.48	.6	.76	.92	1.03	1.05
60	.96	.85	.7	.54	.41	.36	.4	.53	.7	.87	.99	1.01
65	.91	.8	.64	.47	.34	.28	.33	.46	.63	.82	.94	.97
70	.86	.74	.58	.4	.26	.2	.25	.38	.57	.76	.89	.92
75	.81	.68	.51	.33	.18	.12	.17	.3	.5	.69	.83	.87
80	.74	.62	.44	.25	.11	.1	.09	.23	.42	.62	.77	.81
85	.68	.55	.37	.17	.1	.09	.09	.15	.35	.55	.7	.74
90	.61	.48	.29	.11	.09	.08	.08	.08	.27	.48	.63	.67

La irradiancia en el mes de Julio, para el techo del edificio D de la Universidad ESAN es de 3.78 kWh/m<sup>2</sup>/día, como se observa en la tabla 10. Reemplazando nuestros datos en la ecuación 5, tenemos:

$$E_i = 3.78 \times 0.85$$

$$E_i = 3.21 \text{ kW/m}^2$$

El siguiente paso para poder hacer el dimensionado del sistema, es hallar la hora pico solar (HPS). Para ello utilizamos la siguiente fórmula:

$$HPS = E_i / 1000 \dots \dots \dots (6)$$

Reemplazando los valores en la ecuación 6, tenemos:

$$HPS = 3.21 / 1$$

$$HPS = 3.21 \text{ kW/m}^2$$

Existen varios modelos de paneles solares en el mercado, en la tabla 13 se mencionan algunos que pueden ser utilizados en este proyecto.

Tabla 14

*Modelos de paneles solares en el mercado*

Tipo	Potencia (Wp)	Eficiencia (%)	Dimensiones(m <sup>2</sup> )
TP672P TALESUN	320	0.165	1.9443
JKM325PP-72(Plus) Jinko	325	0.168	1.9443
CSUN 320-72p	320	0.165	1.9364
EGE-360M-72 Monocristalino	360	0.185	1.9404
Simax policristalino SP275-60	250	0.152	1.6269
TP660P TALESUN	275	0.169	1.6368

El área del techo del edificio D es aproximadamente 630m<sup>2</sup> como se observa en la figura 16. Sin embargo, por temas de pérdidas por equipos que se tengan en el techo, se considerará un área de 600m<sup>2</sup> disponibles para el dimensionamiento del sistema y 300 m<sup>2</sup> de superficie de paneles.



Figura 16: Techo del edificio D

Con las características de cada panel, podemos hallar la Potencia (Wp) por m<sup>2</sup> y la energía demandada que se va a satisfacer. Para ello, utilizaremos la siguiente fórmula:

$$Ar = 1200 * \left( \frac{Ed}{Id} \right) \dots \dots \dots (7)$$

Dónde:

Ar: Size of the Panel (Wp)

Ed: Demand (kWh/day)

Id: radiation (kWh/m<sup>2</sup>/day)

Tabla 15

*Energía demandada cubierta por 300 m<sup>2</sup>*

Tipo	Potencia (Wp/ m <sup>2</sup> )	Ar (Wp)	(Ed/Id)	Ed (kwh/día)
TP672P TALESUN	102.66	30798	25.665024	82.461722
JKM325PP-72(Plus) Jinko	106.16	31848	26.539968	85.272917
CSUN 320-72p	102.24	30673	25.561008	82.127519
EGE-360M-72 Monocristalino	129.23	38768	32.3068608	103.80194
Simax policristalino SP275-60	61.82	18546	15.45536	49.658072
TP660P TALESUN	76.07	22821	19.01757	61.103452

Finalmente, con estos datos se puede encontrar el porcentaje de energía cubierta por el sistema fotovoltaico, ya que sabemos que la energía demandada por los 3 pisos del edificio D es de 435.697504 kWh/día.

Tabla 16

*Determinación del número de paneles*

Tipo	Ed (kwh/día)	% del total	# paneles
TP672P TALESUN	82.461722	<b>18.0%</b>	154.295589
JKM325PP-72(Plus) Jinko	85.272917	<b>18.6%</b>	154.295589
CSUN 320-72p	82.127519	17.9%	154.923468
EGE-360M-72 Monocristalino	103.80194	<b>22.6%</b>	154.611122
Simax policristalino SP275-60	49.658072	10.8%	184.402046
TP660P TALESUN	61.103452	13.3%	183.284457

Como se observa en la tabla 16, los paneles que satisfacen el mayor porcentaje de energía de los 3 pisos del edificio D son: EGE-360M-72 Monocristalino, JKM325PP-72(Plus) Jinko y TP672P TALESUN, por lo que la elección se reduce a estos tres tipos de paneles.

Con los precios de cada panel, escogeremos el que más se acomode a las necesidades del sistema.

Tabla 17

*Costo para invertir en paneles*

Tipo	# paneles	Costo (soles)	S/. a invertir en paneles
TP672P TALESUN	154.295589	860	132694.207
JKM325PP-72(Plus) Jinko	154.295589	849	<b>130996.955</b>
EGE-360M-72 Monocristalino	154.611122	924	142860.677

El tipo de panel elegido es el modelo JKM325PP-72(Plus) Jinko. Se necesitan 155 paneles que se ubicarán en los 300 m<sup>2</sup> del techo del edificio D y se invertirán 130 996.955 soles en la compra. Con esta cantidad de paneles, se satisfacen el 18.6% de la energía de los 3 pisos (4, 5 y 6) del edificio D. En el Anexo IX se adjunta la hoja técnica del panel elegido.

#### 5.3.1.4 Paso 4. Dimensionado de baterías

Existen dos parámetros importantes para el dimensionado de las baterías: profundidad de descarga y el número de días de autonomía.

- **Máxima Profundidad de Descarga:** nivel máximo de descarga que se le permite a la batería antes de la desconexión del regulador, para proteger la duración de esta. En baterías estacionarias de plomo-ácido un valor adecuado de este parámetro es de 0.6 (Abad y Flores, 2016).

- **Días de Autonomía:** número de días consecutivos que el sistema de acumulación es capaz de atender el consumo en ausencia de sol, sin sobrepasar la profundidad máxima de descarga de la batería. Los días de autonomía posibles, dependen del tipo de instalación y de las condiciones climáticas del lugar, entre otros factores (Abad y Flores, 2016).

Para hallar el número de baterías, se aplican las siguientes ecuaciones:

$$C_n(Wh) = \frac{E_t \times N}{\eta \times P_d} \dots \dots \dots (7)$$

$$C_n(Ah) = \frac{C_n}{V_{bat}} \dots \dots \dots (8)$$

Dónde:

$C_n$ : Capacidad Nominal de la Batería (Wh) o en (Ah)

$E_t$ : Energía real requerida (Wh)

$N$ : Números de días de autonomía.

$\eta$ : Eficiencia de Batería

$P_d$ : Profundidad de descarga

Existen varios modelos de baterías en el mercado, en la tabla 18 se mencionan algunos que pueden ser utilizados en este proyecto.

Tabla 18

*Modelos de baterías en el mercado*

Tipo	Capacidad (Ah)	Voltaje (V)	Rendimiento (%)	Descarga (%)
DC12-65	70	12	93	98
UP-GC2TOP	70	12	94	80
FS70	250	6	74	75
UFTG172-12	172	12	91	50
US2000B Plus	50	48	92	80

Para calcular el número de baterías, podemos reemplazar los valores en las ecuaciones 7 y 8, teniendo:

Tabla 19

*Cálculo del número de baterías*

Tipo	Cn (Wh)	Cn (Ah)	Número de baterías	de Costo (soles)	S/. a invertir en baterías
DC12-65	342204.21	28517.0175	407.385964	492.86	200784.246
UP-GC2TOP	561091.588	93515.2646	374.061059	416.28	<b>222136.16</b>
FS70	412848.64	34404.0533	491.486476	593.85	204595.99
UFTG172-12	684408.396	57034.033	<b>331.593215</b>	1378.58	457127.774
US2000B Plus	424644.315	8846.75657	<b>176.935131</b>	6854.89	1212870.86

Como vemos en la tabla anterior, el menor número de baterías se obtiene con las características del modelo US2000B Plus; sin embargo, este tipo también tiene el valor más caro de inversión por lo que es descartado.

El tipo de batería elegida es el modelo UP-GC2TOP de la marca U POWER. Se necesitarán 375 baterías con un precio de 416.28 soles por unidad, dando un monto de inversión de 222 136.16 soles. En el Anexo IX se adjunta la hoja técnica de la batería elegida.

**5.3.1.5 Paso 5. Dimensionado del regulador**

El objetivo principal de este paso es obtener la corriente máxima que va a circular por la instalación. Según Abad y Flores (2016), para ello se debe de calcular la corriente que produce el generador (paneles) y la corriente que consume la carga (baterías) y la máxima de estas dos corrientes será la que deba soportar el regulador en funcionamiento.

La intensidad de corriente que produce el generador es la suma de las intensidades que producen los módulos funcionando a pleno rendimiento. Para ello, utilizaremos la ecuación 9, y los valores se pondrán en la tabla 20. Recordemos que el tipo de panel elegido es el modelo JKM325PP-72(Plus) Jinko y sus especificaciones se adjuntan en el Anexo IX.

$$I_{max\ panel} = \frac{P_{pico\ panel}}{V_{pico\ panel}} \dots \dots \dots (9)$$

Dónde:

Imax: máxima capacidad de corriente del panel (entrada)

Ppico: Potencia pico del panel (Wp)

Vpico: Voltaje pico del panel (v)

Tabla 20

*Cálculo de la capacidad de corriente del panel*

Ppico del panel	360
Vpico	39.15
<b>Imax del generador</b>	<b>9.20</b>

A continuación, se calcula la intensidad de corriente que produce la carga. Para ello utilizamos la ecuación 10 y los resultados se presentan en la tabla 21.

$$I_{max\ carga} = \left( \frac{P_{cc}}{V_{nominal}} \right) + \frac{P_{ca}}{220\ V} \dots \dots \dots (10)$$

Dónde:

$I_{max}$ : máxima capacidad de corriente del regulador (salida)

$P_{cc}$ : Potencia en CC (W)

$V_{nominal}$ : Voltaje nominal instantáneo del panel (v)

$P_{ca}$ : Potencia en CA (W)

Tabla 21

*Cálculo de la capacidad de corriente del regulador*

$P_{cc}$	36960
$V_{nominal}$	36.89
$P_{ca}$	73617.504
<b><math>I_{max}</math> de la carga</b>	<b>1336.52</b>

Por último, para calcular el número de reguladores se ha escogido el modelo de la marca Steca Solarix PRS. El número de reguladores se calcula con la ecuación 11.

*N° de reguladores*

$$= N^{\circ} \text{ de paneles} * I_{max} \text{ del panel} * \left(1 + \frac{FS}{100}\right) / I_{max} \text{ del regulador} \dots \dots \dots (11)$$

Dónde:

$I_{max}$ : máxima capacidad de corriente del panel/regulador

FS: Factor de seguridad

Tabla 22

*Número de reguladores*

N° Paneles	<b>155</b>
$I_{max}$ del generador	9.20
FS	10%
$I_{max}$ de la carga (Amperios)	1336.52
<b>N° de Reguladores</b>	<b>1.0648</b>

El número de reguladores necesitados es 2.

**5.3.1.6 Paso 6. Dimensionado del inversor**

Según Aguilera (2011), la tensión de entrada en el inversor de un sistema fotovoltaico no será siempre constante, por lo que el inversor debe ser capaz de transformar distintas tensiones continuas dentro de un determinado rango. Ese rango suele ser de un 15 %. A la hora de dimensionar el inversor se tendrá en cuenta la potencia que demanda la carga AC, de forma que se elegirá un inversor cuya potencia nominal sea algo superior a la máxima demandada por la carga. Sin embargo, se debe evitar el sobredimensionamiento del inversor para tratar de hacerlo trabajar en la zona donde presenta mejores eficiencias. Se puede resumir la potencia del inversor con esta expresión:

$$P_{inv} \approx P_{AC} \dots \dots \dots (12)$$

Se ha elido el inversor de modelo Must Solar 1000W, que tiene una eficiencia de 93% y una potencia de 1000 W.

Tabla 23

*Potencia del inversor*

Potencia en CA (W)	73617.504
Eficiencia del Inversor %	93%
<b>P<sub>inv</sub> (W) =</b>	<b>79158.61</b>

Para calcular el número de inversores, debemos dividir la potencia de entrada del inversor sobre la potencia del modelo (1000W).

Tabla 24

*Número de inversores*

P <sub>inv</sub>	79158.61
Potencia de modelo (W)	1000
<b>Nº de Inversores</b>	<b>79.16</b>

El número de inversores necesitados es 80.

### 5.3.1.7 Paso 7. Dimensionado de la estructura

Según Pareja (2010) citado por Abad y Flores (2016), para el dimensionamiento de la estructura, se puede utilizar:

- **Efectos de sombras y distancia mínima entre paneles:** influyen las sombras que pueden proporcionar obstáculos próximos, o por otros módulos cuando hay varias alineaciones de módulos. En el techo del edificio D se encuentran los módulos para aire acondicionado, sin embargo, para tener el área completa de 300 m<sup>2</sup> y evitar obstáculos, se recomienda poner los módulos a 2 m del suelo.
- **Cálculo de la sombra de un módulo fotovoltaico:** Para calcular la distancia entre módulos fotovoltaicos es necesario conocer la altura del módulo. Pero la altura de modulo variara en función de la inclinación y del tamaño.

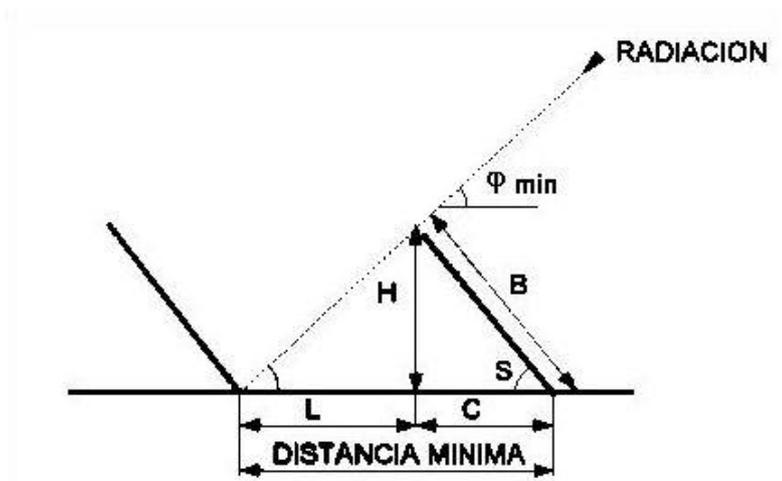


Figura 17: Separación entre paneles

Para calcular la altura en función de la inclinación ( $\beta$ ) y del largo del panel ( $B$ ), se utiliza la siguiente ecuación:

$$H = B \times \sin \beta \dots \dots \dots (13)$$

Reemplazando:

$$H = 196\text{cm} \times \sin 22.08$$

$$H = 73.68 \text{ cm}$$

Determinación de la anchura de la estructura formada por los 2 módulos.

$$C = B \times \cos \beta \dots \dots \dots (14)$$

Reemplazando:

$$C = 196\text{cm} \times \cos 22.08$$

$$C = 181.63\text{cm}$$

Determinación de la distancia mínima entre estructura de los módulos fotovoltaicos

$$D = C + L \dots \dots \dots (15)$$

Reemplazando:

$$D = 181.63 + 29.61$$

$$D = 211.24 \text{ cm} = 2.11 \text{ m}$$

### 5.3.2 Simulación de solución

#### 5.3.2.1 Sistema fotovoltaico

Según Gutierrez y Bolaños (2011), una simulación es “experimentar con un modelo de hipótesis, tratando de encontrar resultados por medio de las herramientas computacionales, que puedan acercar al investigador a un modelo más real”. Para este estudio, utilizaremos el programa SOLAR Pro, ya que es un software de fácil obtención (gratuito) y manejo, además, ofrecen ventajas como galería de elementos y resultados fáciles de interpretar.

Con SOLAR Pro, se pueden modificar los datos de: lugar del proyecto, tipo de panel, potencia, cantidad de paneles, el tipo de techo, la cantidad de módulos y la distancia entre estos. Con los resultados obtenidos en el dimensionamiento, se simula que los paneles quedarían en el techo del edificio D como se muestran en las siguientes figuras.

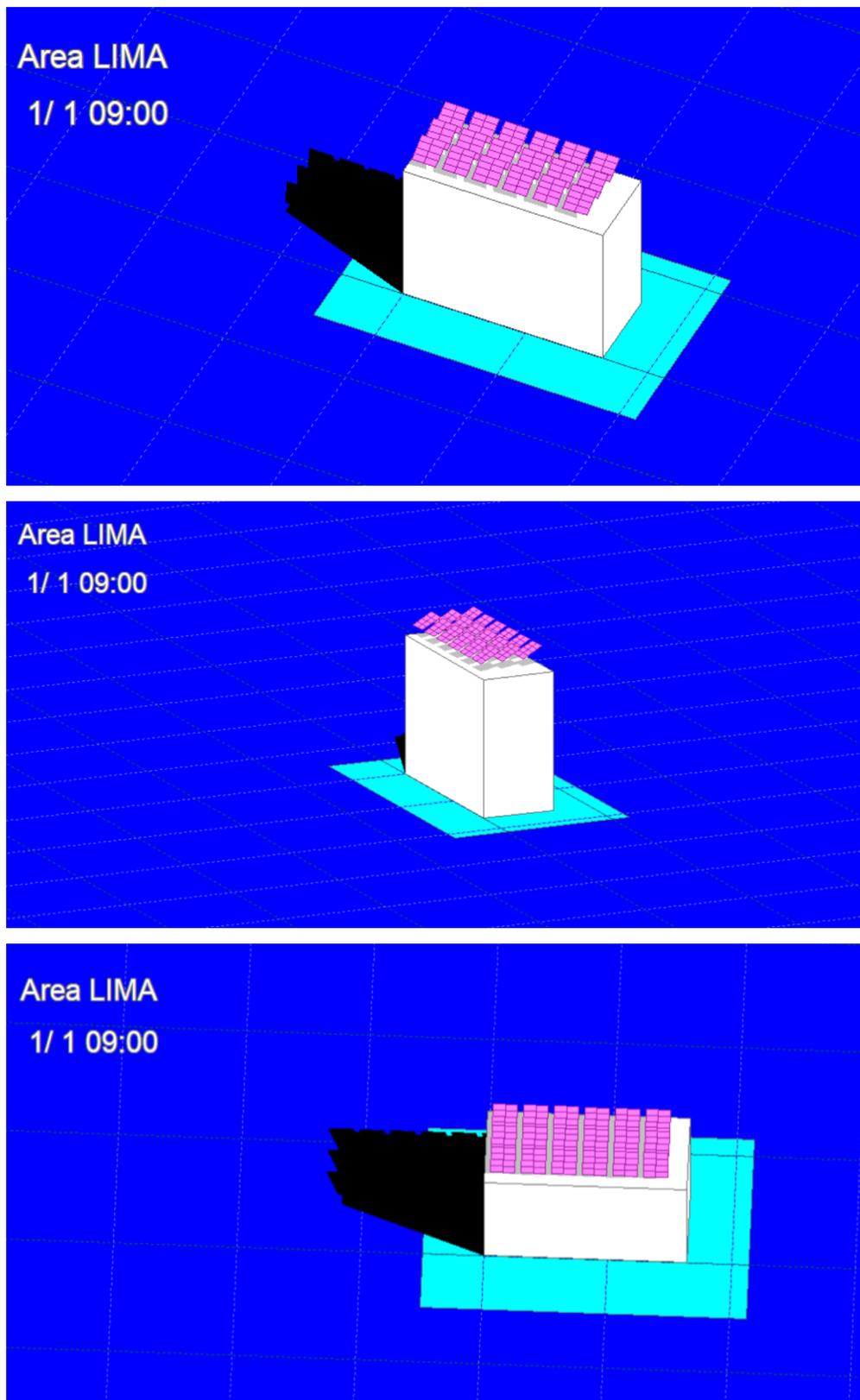


Figura 18: Diseño de todo el sistema fotovoltaico

### 5.3.2.2 Análisis de emisiones (GEI)

Como se ha mencionado anteriormente, para la estimación de emisiones de GEI, se utilizó la calculadora de equivalencias de gases de efecto invernadero de Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos. Esta metodología también nos propone acciones para poder reducir la cantidad de gases emitidos a la atmósfera.

- 0.17 toneladas de residuos sólidos reciclados en lugar de ser dispuestos a los rellenos sanitarios.
- 0.024 camiones de residuos sólidos reciclados en lugar de ser dispuestos a los rellenos sanitarios.
- 21.2 bolsas de residuos reciclados en lugar de ser dispuestos a los rellenos sanitarios.
- 0.0001 turbinas eólicas funcionando por 1 año.
- 18.5 bombillas incandescentes (43W) cambiadas a bombillas LED (9W).



Figura 19: Acciones para disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>eq

Por último, la metodología de la EPA nos menciona la cantidad de semillas y bosques que pueden capturar esta cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub>eq, como se observa en la siguiente figura.

### Carbon sequestered by



Figura 20: Acciones para disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>eq

### 5.3.2.3 Eficiencia energética

En la presente sección se describirá una auditoría energética cuyo fin es presentar alternativas para poder lograr un ahorro de energía. La auditoría de ahorro energético se realizó al sistema de utilización eléctrico de los 3 pisos (4, 5 y 6) del edificio D de la Universidad ESAN. En el capítulo 6 se desarrollará una evaluación económica de las medidas recomendadas en el presente capítulo para determinar la rentabilidad de ejecutar dichas medidas.

#### 5.3.2.3.1 Descripción de los usuarios

Para comenzar, se realizará la descripción de los usuarios que utilizan el edificio D. Para ello, se realizó una encuesta a algunas personas (alumnos, profesores y trabajadores) que se encontraban dentro del edificio D en el mes de junio. El número de encuestados se halló en la sección 3.2.1, siendo este de 71 personas. Estas personas fueron encuestadas en diferentes horarios de la semana, desde el 3 hasta el 29 de junio.

Comenzamos describiendo la actividad que es realizada dentro de este edificio:

- Rubro de negocio: Enseñanza universitaria.
- Horario de trabajo: Desde las 7:00 horas hasta las 23:00 horas.
- Ubicación geográfica: Santiago de Surco, departamento de Lima.
- Tipo de clima: Clima caluroso y húmedo durante el verano y frío y húmedo durante el invierno.
- Tiempo de operación del sistema eléctrico: Durante todo el día

- Otras características Toda la universidad se encuentra centralizada en un campus universitario.

Las preguntas realizadas a las personas se encuentran en el Anexo IV. Los resultados se muestran desde la figura 21 hasta la figura 35.

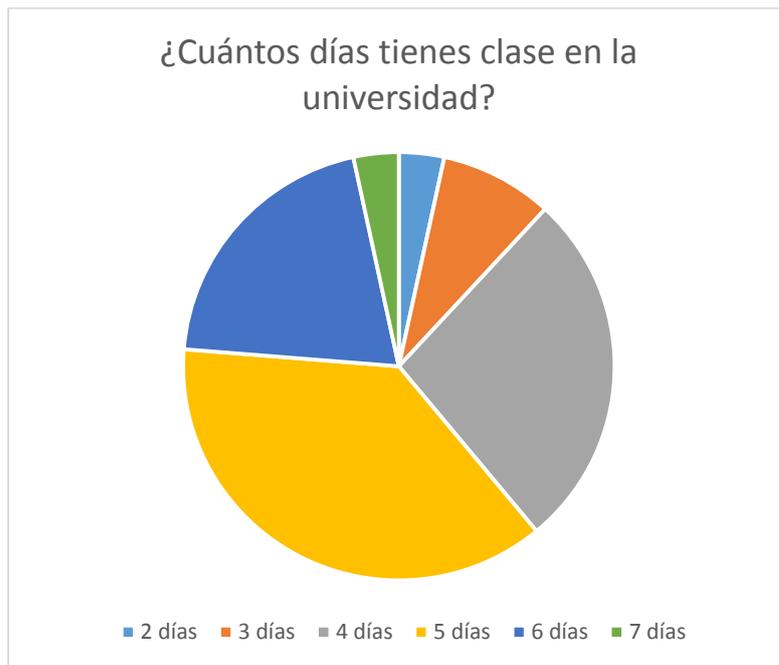


Figura 21: Días de uso de las instalaciones de la universidad

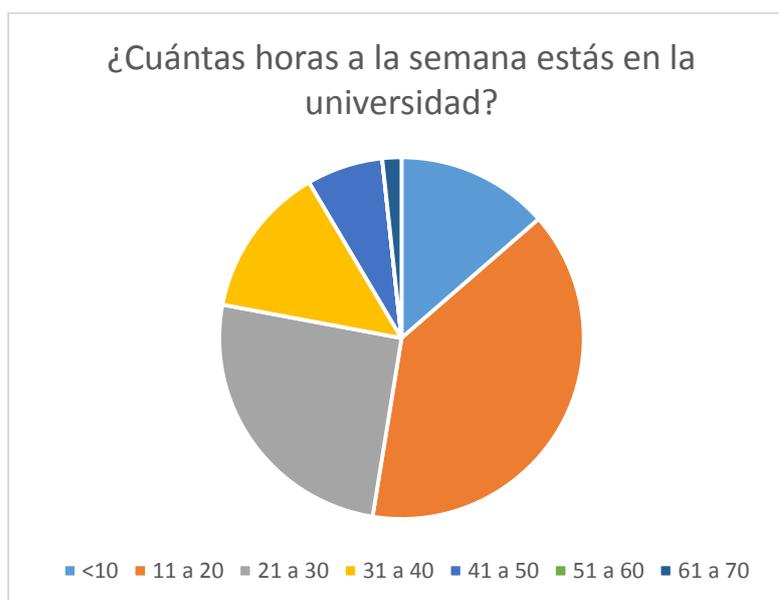


Figura 22: Horas dentro de las instalaciones de la universidad

Como podemos observar en los gráficos, la mayor parte de los encuestados (37.2%) estudia o trabaja 5 días a la semana dentro de la universidad. En cuanto a las horas que se encuentran dentro, la mayoría estudia o trabaja entre 31 a 40 horas a la semana (38.98%).

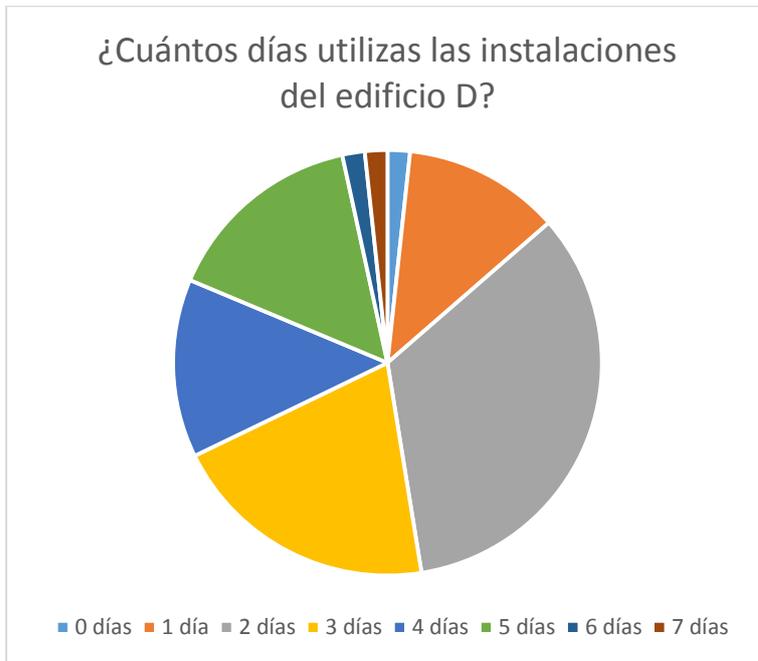


Figura 23: Uso de las instalaciones del edificio D

Las instalaciones del edificio D, son utilizadas mayormente 2 veces a la semana por los encuestados, esto representa un 33.89%.

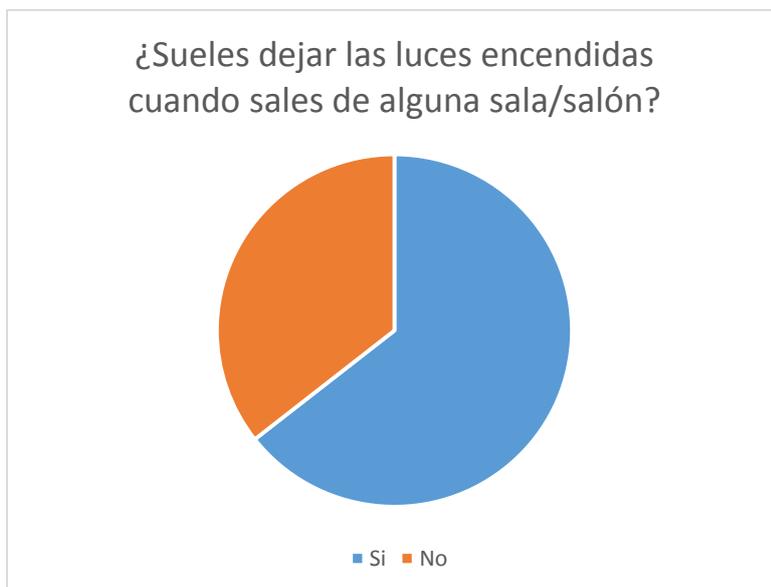


Figura 24: Funcionamiento de las luminarias

Por otro lado, los encuestados mencionan que suelen dejar las luces encendidas cuando salen de alguna sala o salón (64.41%). Sin embargo, algunos mencionaron que tienen este comportamiento porque generalmente hay gente dentro de la sala o salón cuando salen. Los profesores mencionan que los alumnos siempre se quedan dentro del salón después de que ellos salen.

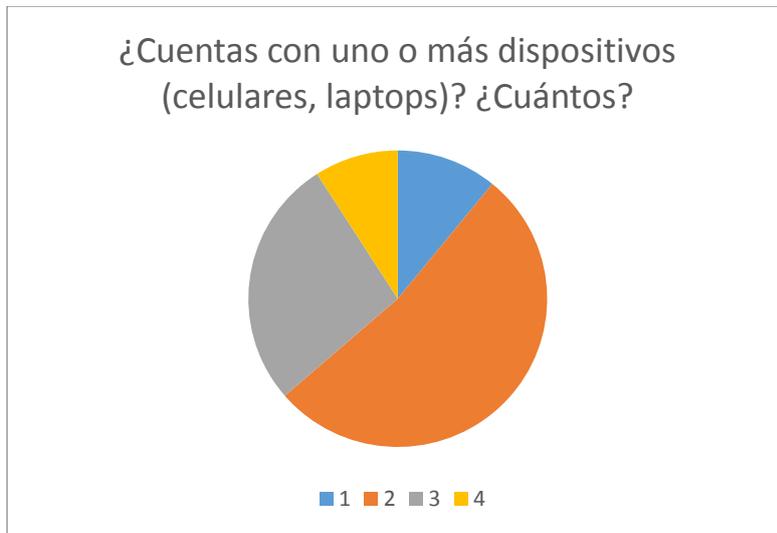


Figura 25: Número de dispositivos eléctricos

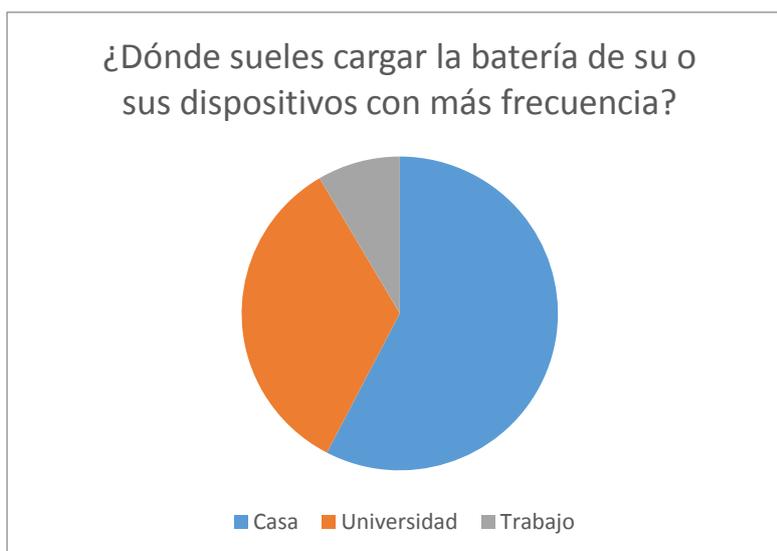


Figura 26: Lugar de carga de dispositivos eléctricos

El 94.92% de los encuestados cuenta con 1 o más dispositivos electrónicos, siendo la posesión de 2 dispositivos los más común con un 52.73%. La carga de estos dispositivos se realiza mayormente en sus casas con un 57.63%. Sin embargo, el segundo lugar de carga lo ocupa la universidad con un 33.90%. Los encuestados mencionan que suelen realizar la carga de sus dispositivos por una vez dentro de la universidad (61.40%).

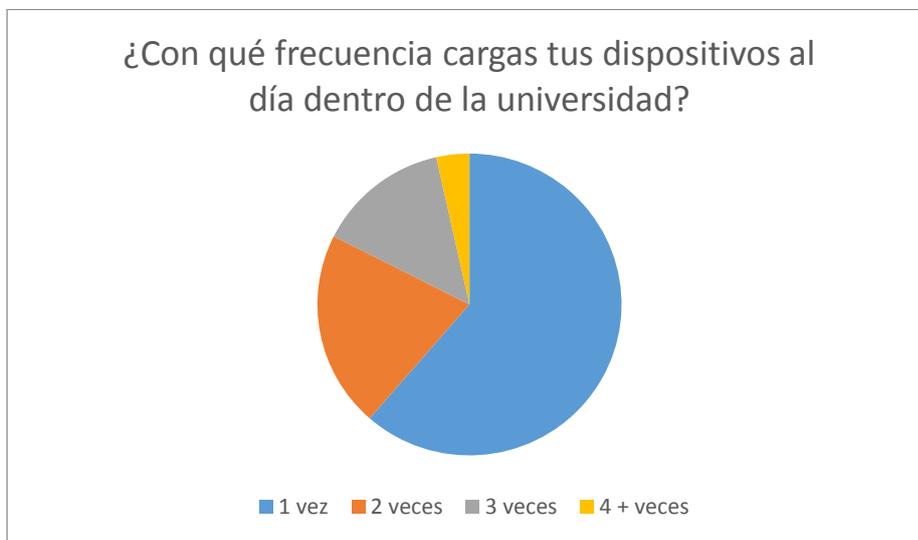


Figura 27: Frecuencia de carga de dispositivos eléctricos

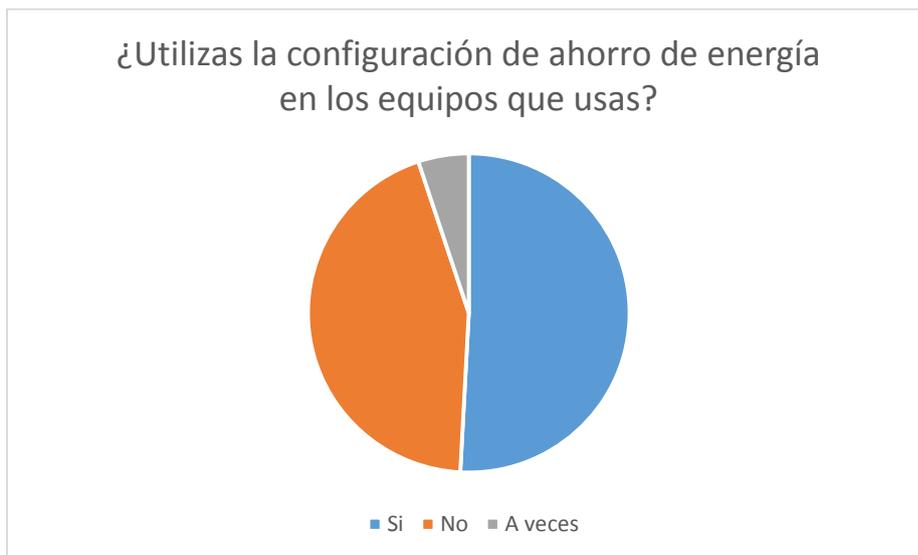


Figura 28: Uso de la configuración de ahorro de energía

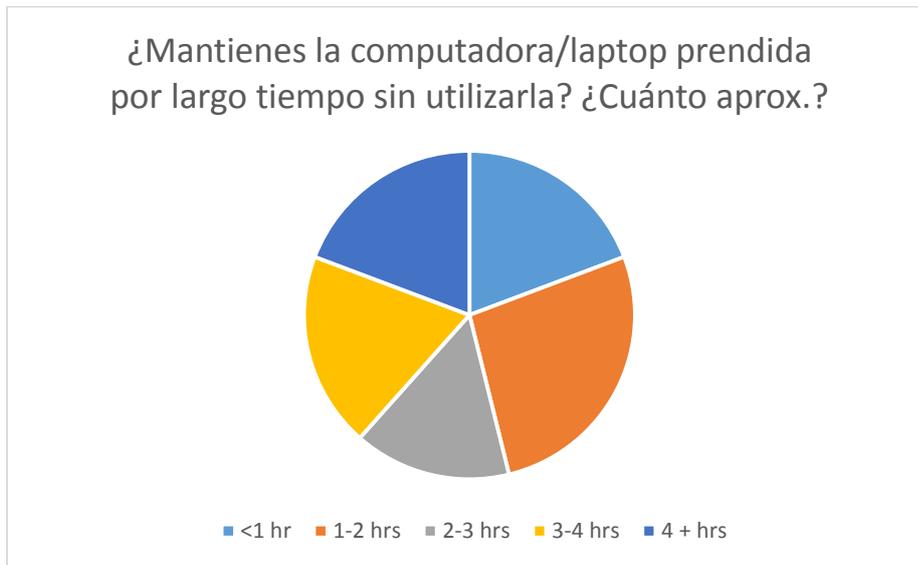


Figura 29: Cuanto tiempo mantiene los dispositivos prendidos

Al preguntar si es que los encuestados utilizan la configuración de ahorro de energía en sus dispositivos eléctricos, el 50.85% menciona que si utilizan esta opción. Sin embargo, algunos mencionaron que no sabían que existía esta opción en los equipos. El 52.73% de los encuestados no deja la computadora prendida por largo tiempo sin utilizarla. Entre los que si la dejan prendida, mencionan que lo hacen por 1-2 horas.

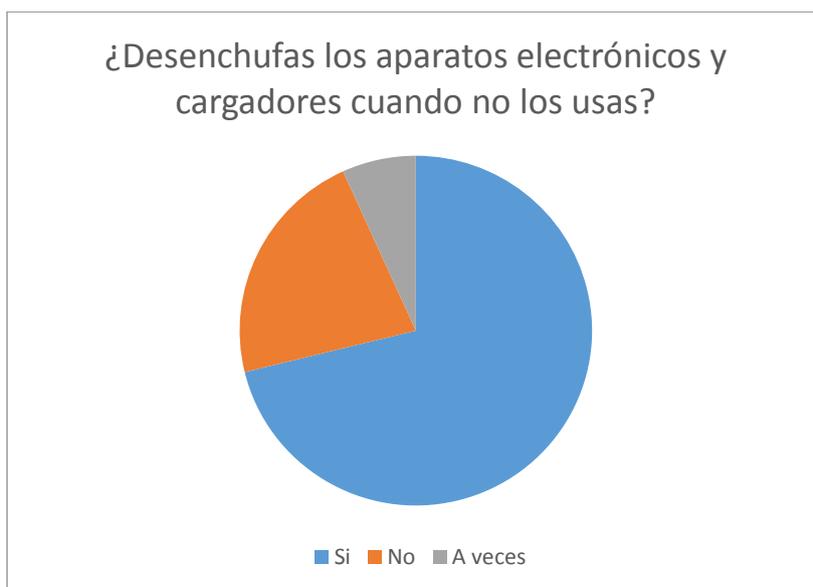


Figura 30: Modo de uso de los dispositivos eléctricos

Los encuestados mencionan que si desenchufan los aparatos eléctricos cuando no lo están utilizando (71.19%). Sin embargo, los trabajadores y profesores mencionaron que no lo hacen porque: hay clases después, lo hace mantenimiento o utilizan PC que se mantiene conectada todo el tiempo.

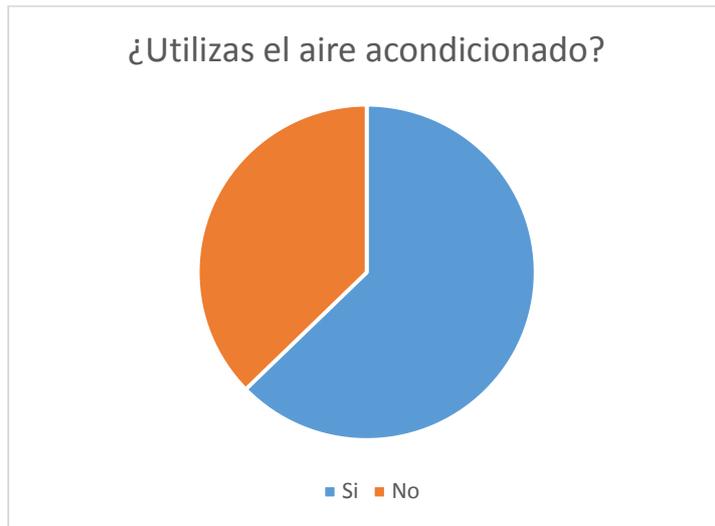


Figura 31: Uso del aire acondicionado

El 62.71% de los encuestados utiliza el aire acondicionado, sobre todo en verano. Mencionan que no se suelen dejar las puertas abiertas mientras se usa.

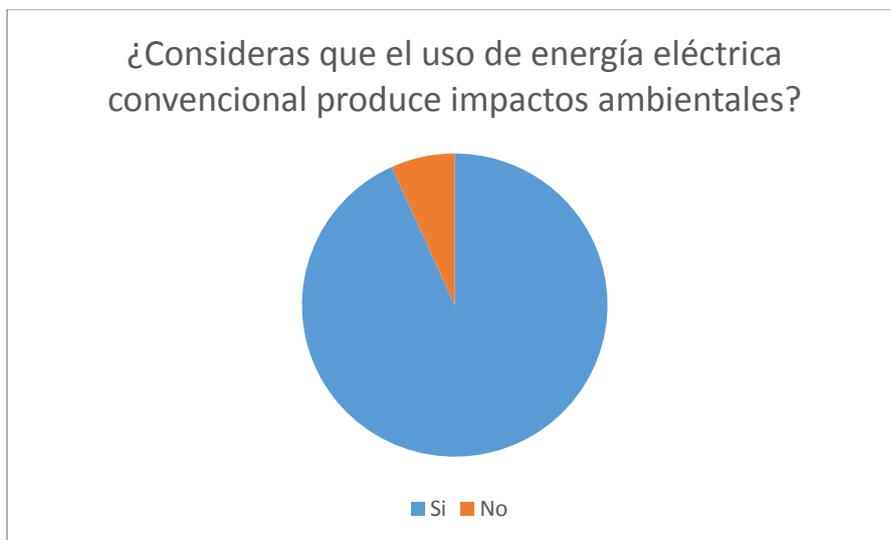


Figura 32: Percepción de impactos ambientales

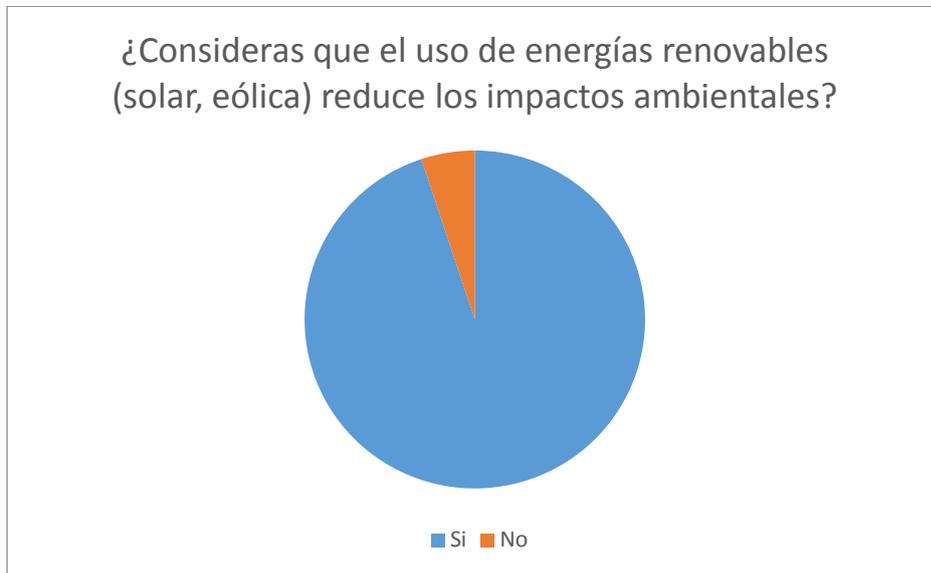


Figura 33: Percepción de las energías renovables



Figura 34: Percepción de las energías renovables en la universidad

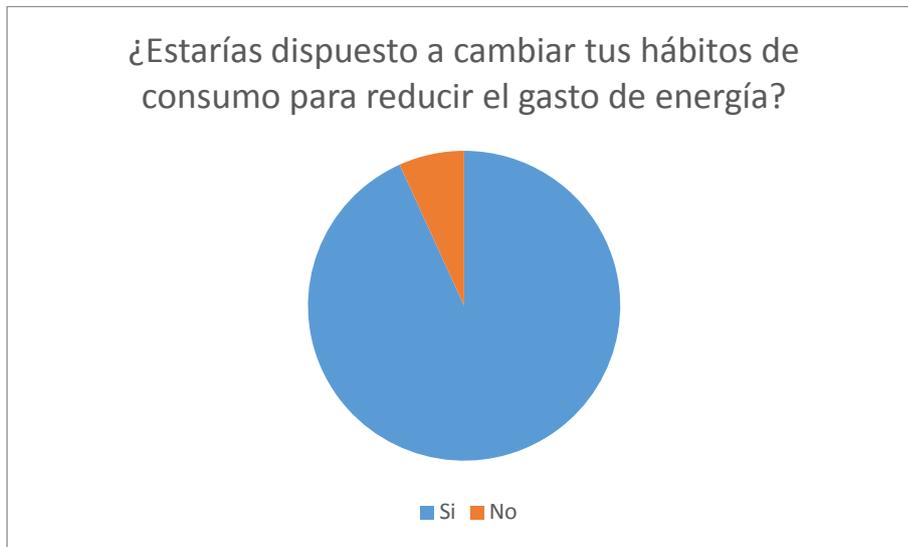


Figura 35: Cambio de los hábitos de consumo

Las 4 últimas preguntas estuvieron referidas a la percepción de los encuestados acerca de la energía convencional, energías renovables y si estarían dispuestos a cambiar de hábitos de consumo. El 93.22% cree que la energía convencional produce impactos ambientales, el 94.92% considera que el uso de energías renovables reduce estos impactos ambientales. El 94.92% cree que sería positivo que la universidad utilice energías renovables para producir energía eléctrica. Por último, el 93.22% de los encuestados estarían dispuestos a cambiar sus hábitos de consumo para reducir el gasto de energía.

#### 5.3.2.3.2 Descripción de las cargas eléctricas

En la sección 5.2.2.2 se ha mencionado un poco acerca del consumo de los equipos eléctricos con los que cuentan los 3 pisos del edificio D.

- Luminarias: Estos equipos son los que consumen la mayor cantidad de energía dentro de cada piso (61.33%). Este consumo no es porque la potencia sea alta, sino por la cantidad que se tiene, sobre todo en cada salón (24) y pasillo (28), haciendo un total de 684 luminarias por los 3 pisos.
- Computadoras: Estos equipos consumen el 8.03% del total del consumo de los 3 pisos. Se ha considerado que operan en promedio 8 horas al día. Sin embargo, al hacer las visitas por los pisos en estudio, se observó que había algunas computadoras prendidas en salones donde no se estaban dictando clases.

- **Proyectores:** Estos equipos ocupan el segundo lugar en consumo energético, con un 14.77%. Se asume que los proyectores funcionan la misma cantidad de horas que las computadoras para el dictado de clases.
- **Teléfonos:** Estos equipos no son muy utilizados, se ha considerado un consumo de 0.16 horas (10 minutos) al día.
- **Máquinas expendedoras:** Estos equipos consumen el 12.52% del total d energía porque paran conectados todo el día, se ha considerado 24 horas de conexión para este estudio.
- **Secadora de manos (baño):** Este es el equipo con la mayor potencia, sin embargo, solo representa el 1.3% por el tiempo de uso. Sin embargo, se debería tener en consideración con mayor importancia.
- **Sistema de emergencia:** Estos equipos solo son utilizados en caso de emergencia o desastres naturales, por lo que no se ha considerado su consumo.
- **Aire acondicionado:** Este equipo es el que mayor energía consume. Tiene una alta potencia y un alto tiempo de consumo (mayor en verano que en invierno). Estos equipos no han sido considerados en el dimensionamiento, porque eleva sustancialmente la energía consumida en los 3 pisos del edificio D, lo que conlleva a una mayor cantidad de paneles para poder satisfacer esta demanda.

#### 5.3.2.3.3 Selección de las cargas a evaluar

La presente sección tiene como objetivo la selección de las cargas presentadas en la sección anterior sobre la cual se enfocará la optimización de su funcionamiento.

Tabla 25

*Consumos de energía en kWh de las cargas eléctricas representativas*

<b>Equipos/datos</b>	<b>Consumo energético (kWh)</b>	<b>Porcentaje del total (%)</b>	<b>Factibilidad de cambio por equipos más eficientes</b>
Computadoras	36.96	8.0367131	No es factible ya que la optimización de su consumo energético no amerita la renovación.

Equipos/datos	Consumo energético (kWh)	Porcentaje del total (%)	Factibilidad de cambio por equipos más eficientes
Proyectores	67.936	14.7722441	No es factible ya que la optimización de su consumo energético no amerita la renovación.
Luminarias	199.584	63.3595673	Factible debido a que las luminarias consumen gran cantidad de energía. Se debe realizar la renovación de estas por otras de mayor eficiencia (LED).
Máquinas expendedoras de snacks.	57.6	12.5247477	No es factible ya que la optimización de su consumo energético no amerita la renovación.
Secadora de manos	6	1.30466122	No es factible ya que la optimización de su consumo energético no amerita la renovación.
Aire acondicionado	5.4	-	Factible debido a que el aire acondicionado es el equipo que consume mayor cantidad de energía. Se debe realizar la renovación de estos por otros de mayor eficiencia.

Analizando la tabla 25 se deduce que las cargas para tener en cuenta son la iluminación de los pisos y el aire acondicionado. Así mismo, la carga de iluminación presenta un fácil aumento del rendimiento con los avances luminotécnicos que se han logrado últimamente.

Si bien no se considera el cambio del resto de equipos utilizados por otros más eficientes, si es necesario gestionar el uso de estos, para disminuir la energía consumida.

#### 5.3.2.3.4 Indicadores de eficiencia energética

La metodología utilizada en este estudio es la planteada por la Agencia Internacional de Energía (IEA). Con los datos obtenidos en las auditorías energéticas se pueden calcular indicadores para los siguientes equipos:

- Enfriamiento (aire acondicionado): Consumo energético en enfriamiento de locales por unidad de superficie (total o calefactada). Este indicador se calculará por cada salón.

$$EE = \frac{10.4 \text{ kwh}}{40 \text{ m}^2}$$
$$EE = 0.26 \text{ kwh/m}^2$$

- Iluminación: Consumo total para la iluminación en categoría de servicio A y Unidad de actividad de la categoría de servicio A (número de estudiantes/ocupantes).
  - Salones:

$$EE = \frac{9.504 \text{ kwh}}{40 \text{ estudiantes}}$$
$$EE = 0.34 \text{ kwh/estudiante}$$

- Pasillos:

$$EE = \frac{13.824 \text{ kwh}}{290 \text{ estudiantes}}$$
$$EE = 0.047 \text{ kwh/estudiante}$$

#### 5.3.2.3.5 Evaluación de luminarias

De acuerdo con lo descrito en la sección 5.3.2.3.2, y asumiendo que se ha realizado un buen diseño luminotécnico se concluye lo siguiente:

- Se está dejando de ahorrar energía ya que se están utilizando fluorescentes convencionales.
- Se está dejando de ahorrar en costos de renovación de tubos fluorescentes, ya estos tienen un tiempo de vida útil mucho menor al que se tiene cuando se utilizan tubos LED.
- Se está dejando de ahorrar energía eléctrica ya que se están utilizando tubos fluorescentes del tipo TLD de 36W cada uno, mientras que en el mercado existen tubos del tipo LED de 18W que tienen igual flujo luminoso.

De acuerdo con lo descrito anteriormente, se recomienda lo siguiente:

- Cambiar todos los fluorescentes convencionales por tubos LED.
- Cambiar todos los tubos fluorescentes del tipo T tipo TLD 36W por tubos LED de 18W.
- Mejorar el plan de mantenimiento de las luminarias. Esto implica la limpieza de las pantallas con mayor frecuencia.
- Apagar el equipo cuando no se necesita.
- Adaptar sensores de movimiento para el prendido automático de luminarias en los baños y escaleras de emergencia.
- Dejar la puerta de entrada de cada piso abierta durante el día, para que entre la luz natural y evitar prender las luces de los pasillos.

La evaluación económica de las medidas antes descritas se desarrollará en el capítulo 6.

#### *5.3.2.3.6 Evaluación del aire acondicionado*

De acuerdo con lo descrito en el ítem 5.3.2.3.2, y asumiendo que se ha realizado un buen diseño se concluye lo siguiente:

- Se está dejando de ahorrar energía ya que se están utilizando equipos antiguos con baja eficiencia (C).
- Se está dejando de ahorrar energía eléctrica ya que los equipos actuales consumen 1.04 kW, mientras que en el mercado existen equipos eficientes (A) que consumen alrededor de 0.9 kW.

De acuerdo con lo descrito anteriormente, se recomienda lo siguiente:

- Cambiar los equipos de aire acondicionado por equipos más eficientes.
- Programar la temperatura alrededor de 24°C, programarlo a menor temperatura, no enfría más rápido el ambiente.
- Mantener cerradas las puertas durante la operación del equipo.
- Apagar el equipo cuando no se necesita.

- Limpiar el filtro cada 3 meses.

La evaluación económica de las medidas antes descritas se desarrollará en el capítulo 6.

#### *5.3.2.3.7 Evaluación del resto de equipos*

- Máquinas expendedoras: Durante la auditoría energética se observó que se cuenta con máquinas en la mayoría de los pisos del edificio D. Se recomienda tener estas máquinas en pisos intercalados.
- Mantener cerradas las puertas durante la operación del equipo.
- Apagar el equipo cuando no se necesita.
- Limpiar el filtro cada 3 meses.

## CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN ECONÓMICA PREVIA Y POSTERIOR A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

El costo de inversión de un sistema fotovoltaico está compuesto por el costo de sus componentes, su transporte e instalación. Además, debemos tomar en cuenta los costos de mantenimiento y de reemplazo. Cabe resaltar que los costos que se mostrarán son estimaciones en base a lo encontrado en el mercado local.

### 6.1 Inversión

El precio de los equipos es referencial, el tipo de cambio utilizado es de 3.35 soles, el cual es válido para el 17 de junio del 2019 (SBS, 2019).

Tabla 26

*Precio de componentes fotovoltaicos*

Item	Componente	Cantidad	Costo unitario (s./)	Costo total (s./)
1	Paneles	155	849	130997
2	Baterias	374	593.85	222136
3	Reguladores	2	163.18	326
4	Inversor	79	1327.5	105083
			Subtotal	458543
			<b>Total (con igv)</b>	<b>541080</b>

Tabla 27

*Precio de estructura y montaje*

Item	Componente	Cantidad	Costo unitario (s./)	Costo total (s./)
1	Fabricación de estructuras	6	500	3000
2	Galvanizado	2	195	390
3	Montaje (kg)	170	2	2040
			Subtotal	5430
			<b>Total (con igv)</b>	<b>6407.4</b>

Tabla 28

*Precio de componentes eléctricos*

<b>Item</b>	<b>Componente</b>	<b>Costo total (s./)</b>
1	Cableado	683.8
2	Sistema de protección	300
3	Sistema de puesta a tierra	1842.5
4	Instalación	1675
Subtotal		4501.3
<b>Total (con igv)</b>		<b>5311.534</b>

Tabla 29

*Inversión total*

<b>Item</b>	<b>Componente</b>	<b>Costo total (s./)</b>
1	Fotovoltaico	541080
2	Estructural	6407.4
3	Electricidad	5311.534
4	Diseño	6000
5	Imprevistos del proyecto (1%)	5587.989
<b>Total (con igv)</b>		<b>564386.923</b>

## 6.2 Operación y mantenimiento

Los costos de operación se reducen solo al mantenimiento. Este mantenimiento no es muy complejo, ya que el sistema es fijo y aislado. El costo de mantenimiento anual es de 200 soles.

Además, en un horizonte de análisis de 20 años, se renovarán las baterías 4 veces y los reguladores e inversores 2 veces.

## 6.3 Ingresos

En este punto vamos a analizar los posibles ingresos que podemos tener al poner en marcha el proyecto, para ello es posible obtener ingresos del ahorro del consumo eléctrico y venta de bonos de carbono. A continuación, se explicará cada uno de ellos:

### **6.3.1 Ahorro en consumo eléctrico**

Para determinar el ahorro económico que se obtendrá con el uso del sistema fotovoltaico, se hará una comparación del gasto actual (sin sistema) y el gasto futuro (con sistema) en un año típico. Sabemos que el consumo eléctrico de los 3 pisos del edificio D es de 435.697504 kWh/día.

Por otro lado, el costo de energía convencional se hallará utilizando las tarifas de Luz del Sur. El costo de este servicio depende de la tarifa que uno escoja, puede ser BT2, BT3, BT4, etc. La diferencia no es significativa para energías tan bajas. Se elige la tarifa BT2, que se muestra en la tabla 30.

Asumiendo que no hay cargo por potencia reactiva en exceso y que el 70% del consumo se realiza en horas punta (304.9882528 kWh), obtendríamos:

Gastos en hora punta:  $304.9882528 \text{ kWh} * 0.2758 \text{ s/./kWh} = 84.1158 \text{ soles}$

Gastos fuera de hora punta:  $130.7092512 * 0.2310 = 30.1838 \text{ soles}$

Gastos diarios en consumo de electricidad: 114.3096

Asumiendo que el edificio D opera 360 días al año, el gasto anual sería: 41151.4693 soles

Tabla 30

*Pliego tarifario de electricidad*

	BAJA TENSIÓN	UNIDAD	TARIFA
			Sin IGV
<b>TARIFA BT2:</b>	<b>TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y</b>		
	<b>CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE DOS POTENCIAS 2E2P</b>		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	4.85
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S./kW.h	27.58
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S./kW.h	23.10
	Cargo por Potencia Activa de Generación en HP	S./kW-mes	60.55
	Cargo por Potencia Activa de Distribución en HP	S./kW-mes	43.23
	Cargo por Exceso de Potencia Activa de Distribución en HFP	S./kW-mes	35.40
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S./kVar.h	4.53

### 6.3.2 Ahorro por eficiencia energética

Si se toman en cuenta todas las recomendaciones planteadas en las secciones 5.3.2.3.5, 5.3.2.3.6 y 5.3.2.3.7 se ahorrarían 217.572 kWh/día. Al igual que en el caso anterior, se asume que no hay cargo por potencia reactiva en exceso y que el 70% del consumo se realiza en horas punta (152.3004 kWh), obtendríamos:

Gastos en hora punta:  $152.3004 \text{ kWh} * 0.2758 \text{ s./kWh} = 42.004 \text{ soles}$

Gastos fuera de hora punta:  $65.2716 * 0.2310 = 15.078 \text{ soles}$

Gastos diarios en consumo de electricidad: 57.082

Asumiendo que el edificio D opera 360 días al año, el gasto anual sería: 20549.426 soles

### 6.3.3 Venta de bonos de carbono

El principal beneficio ambiental que tendrá este proyecto es la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>, la cual se puede calcular de acuerdo con la cantidad de kWh producido con energías renovables. Esta cantidad se halló en la sección 5.2.2.3 y es de 487 kg de CO<sub>2eq</sub>/día, lo que equivale a 175.32 tCO<sub>2eq</sub> al año. De acuerdo con el Protocolo de Kioto, esta reducción de emisión de CO<sub>2</sub>, puede ser transferida a cualquiera de las partes incluidas dentro de este protocolo.

Según la bolsa de Sendeco2 el precio del CO<sub>2</sub> a junio del 2019 es de 25.24 €/t, con lo cual se obtiene como resultado un total de 4425.0768 € anuales por venta de bonos de carbono. Con

un tipo de cambio de 3.74 soles el euro (vigente para el 30/06/2019), se obtiene 16549.79 soles anuales.

#### 6.4 Flujo de caja del proyecto

Para completar el flujo de caja se utilizarán los ingresos, egresos y la tasa de interés, que este caso será del 12% (BCP).

Tabla 31

*Análisis económico del sistema fotovoltaico*

Inversión		<b>614678.8274</b>
Ingresos	Ingresos por ahorro	41151.4693
	Ingresos por eficiencia energética	20549.426
	Ingresos por venta de bonos de carbono	16549.79
Egresos	Costo de mantenimiento y operación	200
	Costo de renovación de baterías	222136
	Costo de renovación de los reguladores	326
	Costo de renovación de los inversores	105083

El flujo de caja se realizará para 3 escenarios:

- Escenario 1: Implementación del sistema, renovación de baterías 4 veces y de los reguladores e inversores 2 veces.
- Escenario 2: Implementación del sistema, renovación de baterías 4 veces y de los reguladores e inversores 2 veces. Los precios de las baterías disminuirán en 15%

las primeras 2 veces y en 10% más las últimas 2 veces. Para el caso de los inversores, su precio disminuirá en 10%.

- Escenario 3: Implementación del sistema, renovación del 70% de baterías, reguladores e inversores. Los precios se mantienen igual a lo largo de los 20 años.

Tabla 32

*Flujo de caja económico (Escenario 1)*

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>INVERSIÓN</b>	<b>564386.9</b>										
<b>Ingresos por ahorro</b>		41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5
<b>Ahorro por eficiencia energética</b>		20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.426
<b>Ingreso por Venta de bonos</b>		16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8
<b>OPEX</b>		200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
<b>Baterías</b>						222136					222136
<b>Reguladores</b>											326
<b>Inversores</b>											105083
<b>FLUJO DE EFECTIVO NETO</b>	<b>-564,387</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>-144,085</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>-249,494</b>

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>INVERSIÓN</b>										
<b>Ingresos por ahorro</b>	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5
<b>Ahorro por eficiencia energética</b>	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43
<b>Ingreso por Venta de bonos</b>	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8
<b>OPEX</b>	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
<b>Baterías</b>						222136				222136
<b>Reguladores</b>										326
<b>Inversores</b>										105083
<b>FLUJO DE EFECTIVO NETO</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>-144,085</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>-249,494</b>

Tabla 33

*Flujo de caja económico (Escenario 2)*

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>INVERSIÓN</b>	<b>564386.9</b>									
<b>Ingresos por ahorro</b>		41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5
<b>Ahorro por eficiencia energética</b>		20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43
<b>Ingreso por Venta de bonos</b>		16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8
<b>OPEX</b>		200	200	200	200	200	200	200	200	200
<b>Baterías (15%)</b>						188816				
<b>Reguladores</b>										
<b>Inversores (10%)</b>										
<b>FLUJO DE EFECTIVO NETO</b>	<b>-564,387</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>-110,765</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>INVERSIÓN</b>											
<b>Ingresos por ahorro</b>	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5
<b>Ahorro por eficiencia energética</b>	20549.426	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.426	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43
<b>Ingreso por Venta de bonos</b>	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8
<b>OPEX</b>	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
<b>Baterías (15%)</b>	188815.7					160493.4					160493
<b>Reguladores</b>	326										326
<b>Inversores (10%)</b>	94574.75										85117.3
<b>FLUJO DE EFECTIVO NETO</b>	<b>-205,666</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>-82,443</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>-167,886</b>

Tabla 34

*Flujo de caja económico (Escenario 3)*

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>INVERSIÓN</b>	<b>564386.9</b>										
<b>Ingresos por ahorro</b>		41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5
<b>Ahorro por eficiencia energética</b>		20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.426
<b>Ingreso por Venta de bonos</b>		16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8
<b>OPEX</b>		200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
<b>Baterias (70%)</b>						155495					155495.2
<b>Reguladores</b>											326
<b>Inversiores</b>											73558.14
<b>FLUJO DE EFECTIVO NETO</b>	<b>-564,387</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>-77,444</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>-151,329</b>

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>INVERSIÓN</b>										
<b>Ingresos por ahorro</b>	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5	41151.5
<b>Ahorro por eficiencia energética</b>	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.426	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43	20549.43
<b>Ingreso por Venta de bonos</b>	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8	16549.8
<b>OPEX</b>	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
<b>Baterias (70%)</b>					155495.2					155495
<b>Reguladores</b>										326
<b>Inversiores</b>										73558.1
<b>FLUJO DE EFECTIVO NETO</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>-77,444</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>78,051</b>	<b>-151,329</b>

## 6.5 Indicadores de rentabilidad

### 6.5.1 Valor Actual Neto (VAN)

El criterio para evaluar la rentabilidad del proyecto se basa en la evaluación presente y futura de los costos y beneficios esperados, medidos a través de la construcción de flujos de caja.

Tabla 35

*Criterios de decisión VAN*

	Decisión	Razón
$VAN > 0$	Aceptar	Crear valor
$VAN = 0$	Aceptar	Rinde lo esperado
$VAN < 0$	Rechazar	Destruye valor

En la siguiente tabla se muestran los valores del VAN para los 3 escenarios considerados.

Tabla 36

*VAN por escenario*

Escenario	VAN
1	-256,640
2	-209,551
3	-174,701

### 6.1.1 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es la tasa de rentabilidad promedio anual que el proyecto paga a los inversionistas por invertir sus fondos ahí.

Tabla 37

*Criterios de decisión TIR*

	Decisión	Razón
$TIR > \text{Tasa de dcto}$	Aceptar	Crear valor
$TIR = \text{Tasa de dcto}$	Aceptar	Rinde lo esperado
$TIR < \text{Tasa de dcto}$	Rechazar	Destruye valor

En la siguiente tabla se muestran los valores de la TIR para los 3 escenarios considerados.

Tabla 38

*TIR por escenario*

Escenario	TIR
1	-10%
2	3%
3	5%

Habiendo obtenido el VAN y la TIR, vemos que este proyecto no es rentable económicamente debido a que el VAN es negativo para los 3 escenarios y la TIR es negativa en el escenario 1 y menor a la tasa de descuento en el escenario 2 y 3.

Sin embargo, este tipo de energía solar tiene una tendencia a la reducción de sus costos de generación por lo que probablemente con el desarrollo y difusión de las energías renovables en un futuro se convierta en un proyecto económicamente atractivo.

## **CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 Conclusiones**

Como resultado de las auditorías energéticas de los 3 pisos del edificio D Universidad ESAN, se obtuvo que la cantidad de equipos de salones es: 22 computadoras y proyectores, 504 luminarias y 22 teléfonos; en los pasillos: 42 luminarias, 3 máquinas expendedoras y 6 luces de emergencia; en los baños: 6 secadoras de mano y 42 luminarias; en las escaleras de emergencia: 24 luminarias y en la entrada: 30 luminarias. Todos estos equipos consumen 435.698 kwh/día.

El dimensionamiento del sistema se basó en los 300 m<sup>2</sup> disponibles en el techo del edificio D, ya que para cubrir el 100% de la energía demandada se necesitaría mucho más espacio. Este dimensionamiento dio como resultado 155 paneles de la marca Jinko, 374 baterías de la marca UPOWER, 2 reguladores de la marca Steca y 70 inversores de la marca Must solar, que cubren un 18.6% de la energía total demandada. Todo este sistema representa una inversión inicial de 564386.923 soles.

Por otro lado, con la metodología de la EPA, se calculó que los 435.698 kwh/día consumidos en los 3 pisos del edificio D, emiten 486 kg de CO<sub>2</sub>eq lo que equivale a 175.32 tCO<sub>2</sub>eq al año, que pueden ser vendidos como bono de carbono. Con el sistema fotovoltaico se dejan de emitir 60.3 kg de CO<sub>2</sub>eq al día, lo que equivale a 21.71 tCO<sub>2</sub>eq al año, lo que representa un 12% del total emitido.

Las encuestas realizadas demuestran que los hábitos de los estudiantes, trabajadores y profesores de ESAN, no contribuyen a la eficiencia energética; sin embargo, creen que es positivo que la Universidad utilice las fuentes de energía renovable para disminuir los impactos ambientales y también están dispuestos a cambiar sus hábitos para disminuir el consumo eléctrico. Dentro de las medidas para la mejora de la eficiencia energética se propone el cambio de luminarias fluorescentes por LED y el cambio de los equipos de aire acondicionado por otros más eficientes. Además, se propone el uso de sensores de movimiento para el encendido automático de luminarias en los baños y en las escaleras de emergencia. Con estas recomendaciones y el uso del sistema fotovoltaico, se mejoraría la eficiencia energética de la Universidad ESAN.

Por último, el análisis económico y financiero demostró que, si bien la universidad ahorra dinero por el uso del sistema fotovoltaico y por mejoras de eficiencia energética y tiene ingresos

por la venta de bonos de carbono, esto no es suficiente para tener un VAN positivo que sea atractivo para la implementación e inversión en este proyecto. Sin embargo, se sabe que la tecnología fotovoltaica va mejorando en eficiencia con el paso de los años y también se va haciendo más competitiva, por lo que los precios tenderán a disminuir en el futuro. Cabe resaltar que, el proyecto del sistema fotovoltaico si es viable ambientalmente, ya que se disminuiría sustancialmente las emisiones de CO<sub>2eq</sub> a la atmósfera, contribuyendo a la mitigación del cambio climático. El uso del sistema fotovoltaico, sería el inicio de la Política Ambiental Institucional necesaria para mejorar la responsabilidad social universitaria y la imagen institucional.

## **6.2 Recomendaciones**

Se recomienda realizar monitoreos meteorológicos con mayor frecuencia para tener data para futuras investigaciones. La Universidad ESAN debería proponer programas de sensibilización hábitos de consumo para alumnos, profesores y trabajadores, además de cambiar sus equipos por otros más eficientes y así mejorar la eficiencia energética.

Por otro lado, se recomienda realizar investigaciones dentro de la Universidad de otras fuentes de energías renovables como viento o biomasa y evaluar si es viable utilizarlas como complemento para la generación de energía eléctrica.

## Bibliografía

- Abad, P., Flores, E. (2016). *Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico autónomo para reducir el consumo de combustible en la plataforma de descarga de la pesquera Exalmar- Chimbote, Perú*. (Tesis de título). Recuperado de <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2637/42918.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Agdas, D., Srinivasan, R. S., Frost, K., & Masters, F. J. (2015). Energy use assessment of educational buildings: Toward a campus-wide sustainable energy policy. *Sustainable Cities and Society*, 17, 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.03.001>
- Aguilera, J. (s.f). Dimensionado de Sistemas Fotovoltaicos Autónomos.
- Andrade, J., Quispe, M. (2016). Diseño y selección de un sistema eólico solar para la generación de energía eléctrica que mejore el sistema de bombeo de agua con fines de riego en el Centro Poblado de Chinumani-Yunguyo, 2016. (Tesis de título). Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3853>
- Bonilla, J. & Romero, D. (2014). *Evaluación de las energías renovables como alternativa para la electrificación rural en la comunidad Cerro Blanco, distrito de Santa, región Ancash*. (Tesis de título). Recuperado de <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/1931>
- Bravo, V. & Gamarra, D. (2016). *Diseño de un Sistema Fotovoltaico para satisfacer la demanda de energía de los laboratorios de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo*. (Tesis de título). Recuperado de <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/968/BC-TES-5745.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CANAME. (s.f). Corriente eléctrica. Recuperado de <http://www.caname.org.mx/index.php/datosdeinteres/unidades-electricas/293-unidades-electricas-de-intensidad-tension-y-resistencia>
- Chagua, B., Valdivia, C. (2017). Estudio experimental de la eficiencia de un módulo de generación eléctrica híbrida solar-eólica para la EPIME-Puno, 2015. (Tesis de título). Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4665>

- Chakraborty, S., Sadhu, P. K., & Pal, N. (2015). Technical mapping of solar PV for ISM-an approach toward green campus. *Energy Science and Engineering*, 3(3), 196–206. <https://doi.org/10.1002/ese3.65>
- Chercca, J. (2014). *Aprovechamiento del recurso eólico y solar en la generación de energía eléctrica y la reducción de emisiones de CO2 en el poblado rural La Gramita de Casma* (Tesis de maestría). Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1694>
- Cieza, J. (2017). *Dimensionamiento de un Sistema Fotovoltaico para las Instalaciones Eléctricas de Alumbrado en el Hostal Lancelot Ubicado En Chiclayo - Chiclayo – Lambayeque* (Tesis de título). Recuperado de <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/1919?show=full>
- Correa, H., Gonzales, V. (2018). *Diseño de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en la institución educativa N°287 de la comunidad nativa Villa Gonzalo, distrito de Río Santiago, provincia de Condorcanqui, departamento de Amazonas.* (Tesis de título). Recuperado de <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/2198>
- De León, V. (2008). *Generación eléctrica fotovoltaica en la facultad de ingeniería USAC y estudio del aprovechamiento.* Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/7779/>
- EcuRed. (s.f.). Intensidad de corriente. Recuperado de [https://www.ecured.cu/Intensidad\\_de\\_Corriente](https://www.ecured.cu/Intensidad_de_Corriente)
- Environmental Protection Agency (EPA). Greenhouse Gas Equivalencies Calculator. <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>
- Falcón, I. (2016). *Diseño de sistema productivo sostenible para la obtención de energía, abonos orgánicos y mejoramiento de agua residual, en la granja retama del Distrito de Huánuco* (Tesis de maestría). Recuperado de <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/UNHEVAL/1723>
- Flores, E., Gutiérrez, H. & Guevara, R. (2016). *Generación autónoma de energías renovables integradas en zonas rurales del Perú.* (Tesis de título). Recuperado de <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/1584>
- Gamio, P. (2017). Energía: Un cambio necesario en el Perú. *Revista Kawsaypacha*, 1, 93-135.
- Garzón, C. (2010). *Evaluación de alternativas de generación de electricidad desde el punto de vista de su impacto ambiental, para sectores no conectados a redes eléctricas* (Tesis de

- título). Recuperado de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1293/1/T-UTC-2043.pdf>
- GreenFacts. (s.f.). Espectro Electromagnético. Recuperado de <https://www.greenfacts.org/es/glosario/def/espectro-electromagnetico.htm>
- Gutiérrez, J. & Franco, J. (2011). *Diseño de un sistema solar fotovoltaico de 20 kWp conectado a red*. (Tesis de título). Recuperado de <https://docplayer.es/3948899-Diseno-de-un-sistema-solar-fotovoltaico-de-20-kwp-conectado-a-red-jairo-alonso-gutierrez-bolanos-jhon-freddy-franco-patino.html>
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, M.P. (2014). *Metodología de la Investigación*. (5ta. ed.) México: McGraw-Hill.
- Hualpa, M. (2006). *Estudio de factibilidad de sistemas híbridos eólico-solar en el departamento de Moquegua*. (Tesis de título). Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1032>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2015). Población del 2000 al 2015. Recuperado de <http://proyectos.inei.gob.pe/web/poblacion/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2017). Viviendas particulares censadas con ocupantes presentes según cobertura de servicios básicos. Recuperado de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1538/parte02.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1538/parte02.pdf)
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2011). *Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático*.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*. Recuperado de [https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/es/tssts-2-1.html](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/tssts-2-1.html)
- International Energy Agency (IEA). (2015). *Indicadores de Eficiencia Energética: Bases esenciales para el establecimiento de políticas*. Francia.
- International Energy Agency (IEA). (2016). *Indicadores de Eficiencia Energética: Fundamentos Estadísticos*. Francia.
- Instituto Tecnológico de Canarias (ITC). (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. Recuperado de <https://www.cienciacanaria.es/files/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica.pdf>

- Jeri, J. & Sacha, G. (2017). *Proyecto de factibilidad en el uso de paneles solares como generación fotovoltaica para suministro de electricidad en ambientes ENAMM*. (Tesis de título). Recuperado de <http://repositorio.enamm.edu.pe/handle/ENAMM/73>
- Lossio, L. (2016). *Diseño de un Sistema Solar Fotovoltaico Aislado para suministrar de energía eléctrica al caserío Señor De La Humildad distrito de Incahuasi – Lambayeque* (Tesis de título). Recuperado de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/17265?show=full>
- Martinez, J. (2014). *Implementación de un sistema de celdas fotovoltaicas para el alumbrado del laboratorio de automatización de la facultad de ingeniería de la UAQ*. Recuperado de <http://studylib.es/doc/4574153/implementaci%C3%B3n-de-un-sistema-de-celdas-fotovoltaicas-para-el>
- Medina, A. (2017). *Optimización del dimensionamiento de un sistema híbrido de generación de electricidad que usa fuentes de energía renovables para abastecer la demanda de hogares agropecuarios en Lomo de Corvina usando un modelo de programación lineal*. (Tesis de título). Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/9117>
- Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2010). Política Energética de Estado Perú 2010-2040 (Decreto Supremo n° 064-2010-EM).
- Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2016) Atlas eólico del Perú. Recuperado de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00367.pdf>
- Mora, L. (2017). *Desarrollo de alternativas de adaptación tecnológica para generar energía eléctrica mediante recursos renovables y poco contaminantes para dispositivos móviles*. (Tesis de título). Recuperado de <https://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/6778>
- Moreno, E. (7 de Agosto del 2013). Delimitación del problema de investigación. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.com/2013/08/delimitacion-del-problema-de.html>
- Núñez, K. (2015). *Gestión Energética Sostenible de Edificios utilizando Herramientas de Medida y Verificación – Estudio de Caso* (Tesis de título). Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3212>

- Osinerghmin. (Febrero del 2017). *La Escalera Energética: Marco Teórico y Evidencias para el Perú*. Reporte Especial de Análisis Económico No 001-2017-GPAE/OS.
- Oxford. (2019). Dimensionar. <https://www.lexico.com/es/definicion/dimensionar>
- PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM.  
[http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html)
- NASA. Power Data Access. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- Osinerghmin. (2017). *La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático*. Lima.
- Osinerghmin. (2019). Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad. Recuperado de <https://www.osinerghmin.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegosTarifariosUsuarioFinal.aspx?Id=150000>
- Quiñonez, J. (2015). *Evaluación de los recursos eólico y solar en la ciudad de Juliaca de la región de Puno* (Tesis de 2da especialización). Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3181>
- Real Academia Española (RAE). (2018). Diccionario de la Lengua Española. <http://dle.rae.es/?w=diccionario>
- SendecO<sub>2</sub>. (2019). Precios CO<sub>2</sub>. Recuperado de <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>
- Superintendencia de Banca, Seguros y AFP. (2019). Cotización de oferta y demanda. Tipo de cambio promedio ponderado. Recuperado de [https://www.sbs.gob.pe/app/pp/SISTIP\\_PORTAL/Paginas/Publicacion/TipoCambioPromedio.aspx](https://www.sbs.gob.pe/app/pp/SISTIP_PORTAL/Paginas/Publicacion/TipoCambioPromedio.aspx)
- Soontiens, A., Gillis, B., Fulton, C., Goldman J., Graham, S. & Pace, R. (2017). *Suitability Map of Dalhousie's Studley Campus Renewable Energy Potential*. Recuperado de <https://cdn.dal.ca/content/dam/dalhousie/pdf/science/environmental-science-program/ENVS%203502%20projects/2017/ENVS35022017GTC03StudleyCampusRenewablePotential.pdf>
- Ttacca, J., Mostajo, A. (2017). *Estudio de la eficiencia energética en los sistemas hospitalarios de salud- Hospital II Ayaviri*. (Tesis de título). Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5986>

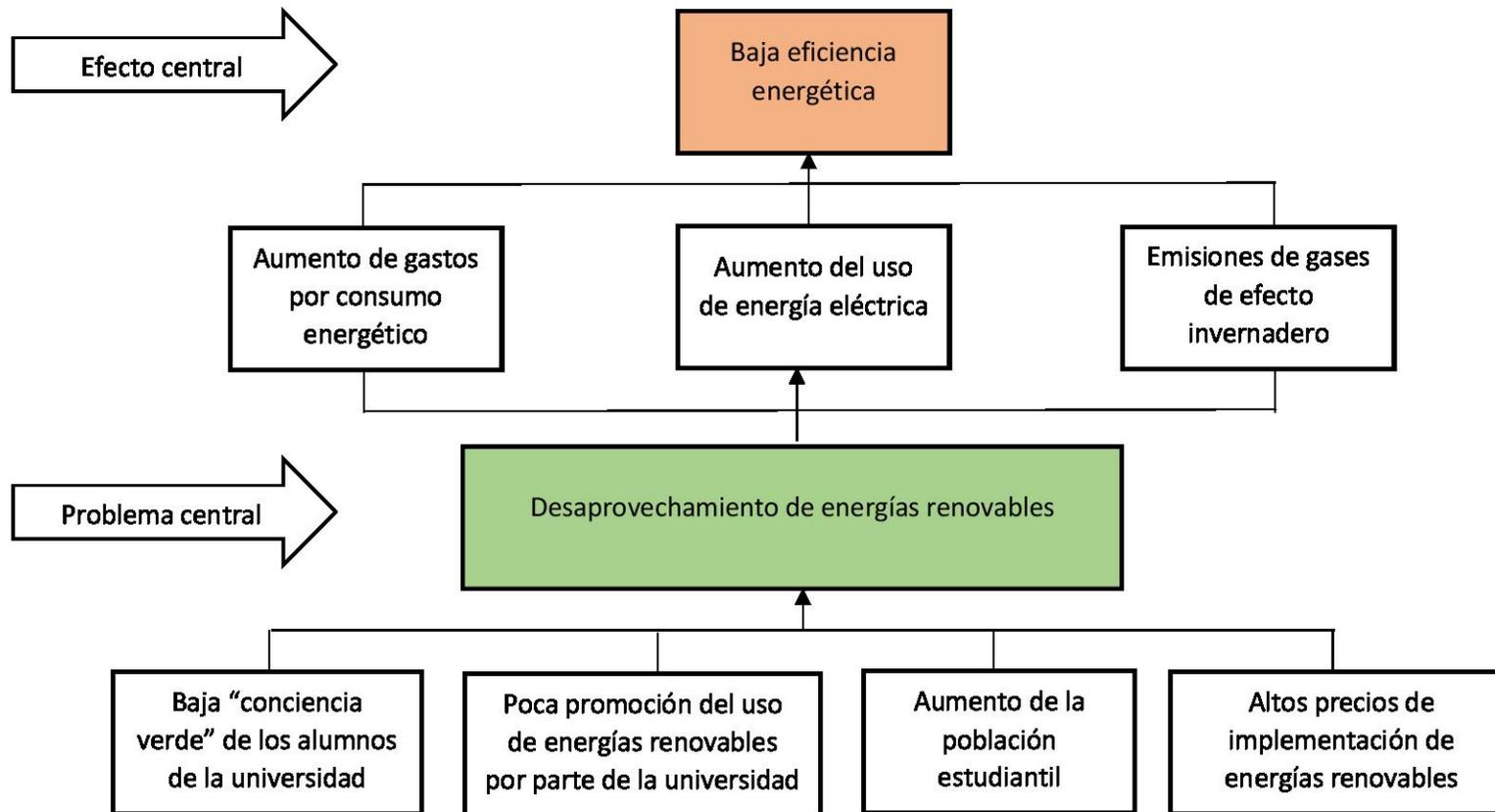
- Tinoco, H. & Huamaní, N. (2013). *Microgeneración distribuida con sistemas fotovoltaicos en viviendas urbanas para mitigar impactos ambientales*. (Tesis de maestría). Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1616>
- Torres, A. & Diaz, D. (2015). *Simulación del régimen de viento para determinar el costo de generación eléctrica en Marcona*. (Tesis de maestría). Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3515>
- Universidad ESAN. <https://www.ue.edu.pe/>
- Valdiviezo, P. (2014). *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP*. (Tesis de título). Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/5447>
- Vega, J. & Ramirez, S. (2014). *Fuentes de energía renovables y no renovables*. (1era. ed.). México: Alfa Omega.
- Vera, B. & Ortiz, S. (2016). *Matriz de consistencia metodológica*. Recuperado de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/huejutla/article/view/318>
- Vergara, J. (2009). *Dimensionamiento de sistemas solares fotovoltaicos y selección de componentes principales*. (Tesis de título). Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/9719>

## **ANEXOS**

Anexo I: Mapa de Irradiancia Solar promedio anual



## Anexo II: Árbol de problemas



### Anexo III: Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p><b>Problema general:</b> ¿En qué medida el uso de energía solar para el suministro de energía eléctrica mejoraría la eficiencia energética de la Universidad ESAN y disminuiría las emisiones de CO<sub>2</sub>?</p> <p><b>Problemas específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué efectos produce el uso de energía solar en la eficiencia energética de la Universidad?</li> <li>• ¿Qué efecto produce el uso de energía solar en las emisiones de CO<sub>2</sub>?</li> <li>• ¿De qué manera influyen los costos de implementación de</li> </ul>	<p><b>Objetivo general:</b> Mejorar la eficiencia energética de la Universidad ESAN y disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> mediante el uso de energía solar para el suministro de energía eléctrica</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar el dimensionamiento y diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica en la Universidad ESAN.</li> <li>• Cuantificar la variación de emisiones de GEI, específicamente CO<sub>2</sub>eq.</li> <li>• Determinar los costos de adquisición e instalación</li> </ul>	<p><b>Hipótesis general:</b> Mediante el uso de energía solar para el suministro de energía eléctrica, se mejorará la eficiencia energética a la Universidad ESAN y se disminuirán las emisiones de CO<sub>2</sub> a partir del año 2020</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El dimensionamiento y diseño de un sistema fotovoltaico suministrará 10% de energía eléctrica del edificio D de la Universidad ESAN.</li> <li>• Las emisiones de CO<sub>2</sub> de la Universidad ESAN disminuirán en 20% a partir del año 2020.</li> <li>• La determinación de costos de adquisición e instalación de diversos componentes necesarios para el sistema,</li> </ul>	<p><b>Dependientes:</b> Eficiencia energética, dimensionamiento del sistema y emisiones de GEI.</p> <p><b>Independiente:</b> Generación de energía eléctrica</p>	<p><b>Enfoque de investigación:</b> Cuantitativo</p> <p><b>Alcance de la investigación:</b> Correlacional</p> <p><b>Diseño:</b> No experimental, tipo transeccional correlacional.</p> <p><b>Población:</b> Alumnos, profesores y trabajadores de la Universidad ESAN. / Radiación solar y velocidad de viento de la superficie de la Universidad ESAN.</p> <p><b>Muestra:</b> 71 personas dentro del edificio D.</p>

<p>energías renovables en su uso?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo facilita el uso de indicadores a la medida de eficiencia energética?</li> </ul>	<p>de diversos componentes del sistema fotovoltaico.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar la eficiencia energética de la Universidad ESAN pre y post propuesta de uso del sistema fotovoltaico con el uso de indicadores.</li> </ul>	<p>ayudará a elegir aquellos que sean más adecuados.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La evaluación de la eficiencia energética de la Universidad ESAN pre y post estudio, permitirá cuantificar el beneficio del uso del sistema fotovoltaico.</li> </ul>		<p><b>Instrumentos de medida:</b>                  Encuestas y monitoreos de parámetros meteorológicos.</p>
--	--	--	--	---

## Anexo IV: Modelo de encuestas

### Alumnos

#### I. Información Básica

Fecha:

Hora:

#### II. Cuestionario sobre el servicio eléctrico

1. ¿Cuál es tu horario de estudio?

Días:

Horas a la semana:

2. ¿Cuántos días utilizas las instalaciones del edificio D?

1      2      3      4      5      6

3. ¿Sueles dejar las luces encendidas cuando sales de alguna sala/salón?

Si      No.

4. ¿Utilizas la configuración de ahorro de energía en los equipos que usas (computadora, laptop, impresora, otros)?

Si      No      A veces

5. ¿Mantienes la computadora/laptop prendida por largo tiempo sin utilizarla? ¿Cuánto aprox.?

Si      No.      ¿Cuánto?:

6. a. ¿Utilizas el aire acondicionado?

Si      No.

b. ¿A qué temperatura sueles ponerlo en invierno/verano?

Temperatura aprox invierno:

Temperatura aprox verano:

c. ¿Se suelen dejar las puertas abiertas?

Si      No.

7. ¿Desenchufas los aparatos electrónicos y cargadores cuando no los usas?

Si      No      A veces

8. ¿Cuentas con uno o más dispositivos (celulares, laptops)?

Si      No.      ¿Cuántos?:

9. ¿Dónde sueles cargar la batería de su o sus dispositivos con **más** frecuencia?

Casa      Universidad      Trabajo      Otros (Especificar).

10. ¿Con qué frecuencia cargas tus dispositivos al día dentro de la universidad?

1 vez      2 veces      3 veces      4+

11. ¿Consideras que el uso de energía eléctrica convencional produce impactos ambientales?

Si      No

12. ¿Consideras que el uso de energías renovables (solar, eólica) reduce los impactos ambientales?

Si      No

13. ¿Ves positivo que la universidad utilice energías renovables para suministrar energía eléctrica?

Si      No

14. ¿Estarías dispuesto a cambiar tus hábitos de consumo para reducir el gasto de energía?

Si      No

15. Otros comentarios

**Profesores**

**III. Información Básica**

Fecha:

Hora:

**IV. Cuestionario sobre el servicio eléctrico**

1. ¿Cuál es su horario de trabajo?

Días:

Horas a la semana:

2. ¿Cuántos días utiliza las instalaciones del edificio D?

1      2      3      4      5      6

3. ¿Suele dejar las luces encendidas cuando sale de alguna sala/salón?

Si      No.

4. ¿Utiliza la configuración de ahorro de energía en los equipos de oficina (computadora, laptop, impresora, otros)?

Si      No      A veces

5. ¿Mantienes la computadora/laptop prendida por largo tiempo sin utilizarla? ¿Cuánto aprox.?

Si      No.      ¿Cuánto?:

6. a. ¿Utilizas el aire acondicionado?

Si      No.

b. ¿A qué temperatura sueles ponerlo en invierno/verano?

Temperatura aprox invierno:

Temperatura aprox verano:

c. ¿Se suelen dejar las puertas abiertas?

Si No.

7. ¿Desenchufa los aparatos electrónicos y cargadores cuando no los usas y/o al terminar la jornada laboral?

Si No A veces

8. ¿Cuenta con uno o más dispositivos (celulares, laptops)?

Si No. ¿Cuántos?:

9. ¿Dónde suele cargar la batería de su o sus dispositivos con más frecuencia?

Casa Universidad Trabajo Otros (Especificar).

10. ¿Con qué frecuencia carga sus dispositivos al día dentro de la universidad?

1 vez 2 veces 3 veces 4+

11. ¿Considera que el uso de energía eléctrica convencional produce impactos ambientales?

Si No

12. ¿Usted considera que el uso de energías renovables (solar, eólica, otros) reduce los impactos ambientales?

Si No

13. ¿Ve positivo que la universidad utilice energías renovables para suministrar energía eléctrica?

Si No

14. ¿Estaría dispuesto a cambiar sus hábitos de consumo para reducir el gasto de energía?

Si No

15. Otros comentarios

## Trabajadores

### V. Información Básica

Fecha:

Hora:

### VI. Cuestionario sobre el servicio eléctrico

1. ¿Cuál es su horario de trabajo?

Días:

Horas a la semana:

2. ¿Suele dejar las luces encendidas cuando sale de alguna sala/salón?

Si      No.

3. ¿Utiliza la configuración de ahorro de energía de los equipos que usa? (celular, otros)?

Si      No      A veces

4. a. ¿Utilizas el aire acondicionado?

Si      No.

b. ¿A qué temperatura sueles ponerlo en invierno/verano?

Temperatura aprox invierno:

Temperatura aprox verano:

c. ¿Se suelen dejar las puertas abiertas?

Si      No.

5. ¿Desenchufa los aparatos electrónicos y cargadores cuando no los usas y/o al terminar la jornada laboral?

Si          No          A veces

6. ¿Cuenta con uno o más dispositivos (celulares, laptops)?

Si          No.          ¿Cuántos?:

7. ¿Dónde suele cargar la batería de su o sus dispositivos con más frecuencia?

Casa          Universidad          Trabajo          Otros (Especificar).

8. ¿Con qué frecuencia carga sus dispositivos al día dentro de la universidad?

1 vez          2 veces          3 veces          4+

9. ¿Considera que el uso de energía eléctrica convencional produce impactos ambientales?

Si          No

10. ¿Usted considera que el uso de energías renovables (solar, eólica, otros) reduce los impactos ambientales?

Si          No

11. ¿Ve positivo que la universidad utilice energías renovables para suministrar energía eléctrica?

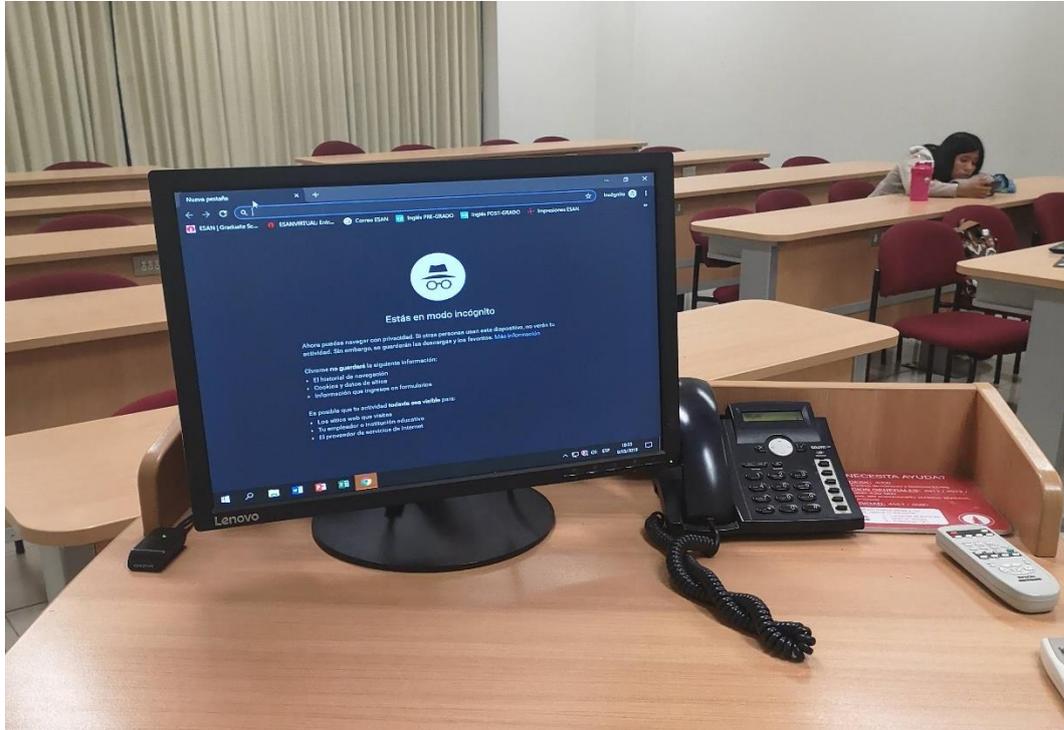
Si          No

12. ¿Estaría dispuesto a cambiar sus hábitos de consumo para reducir el gasto de energía?

Si          No

13. Otros comentarios

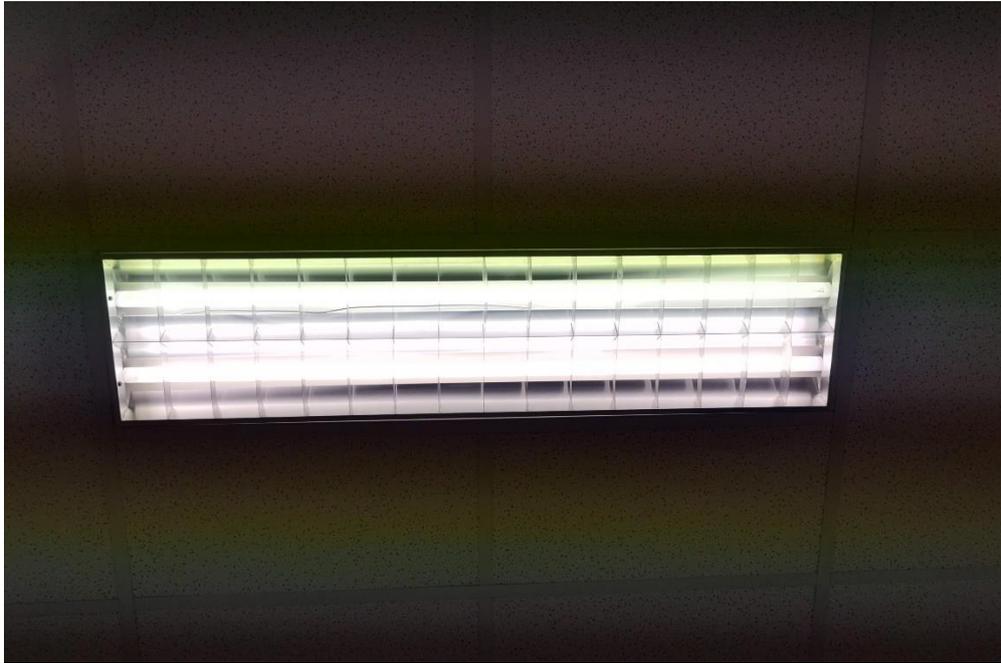
### Anexo V: Panel fotográfico de los 3 pisos del edificio D



Fotografía 1: Computadora y teléfono dentro de los salones del edificio D



Fotografía 2: Luminaria de emergencia dentro de los salones del edificio D



*Fotografía 3:* Luminaria dentro de los salones del edificio D



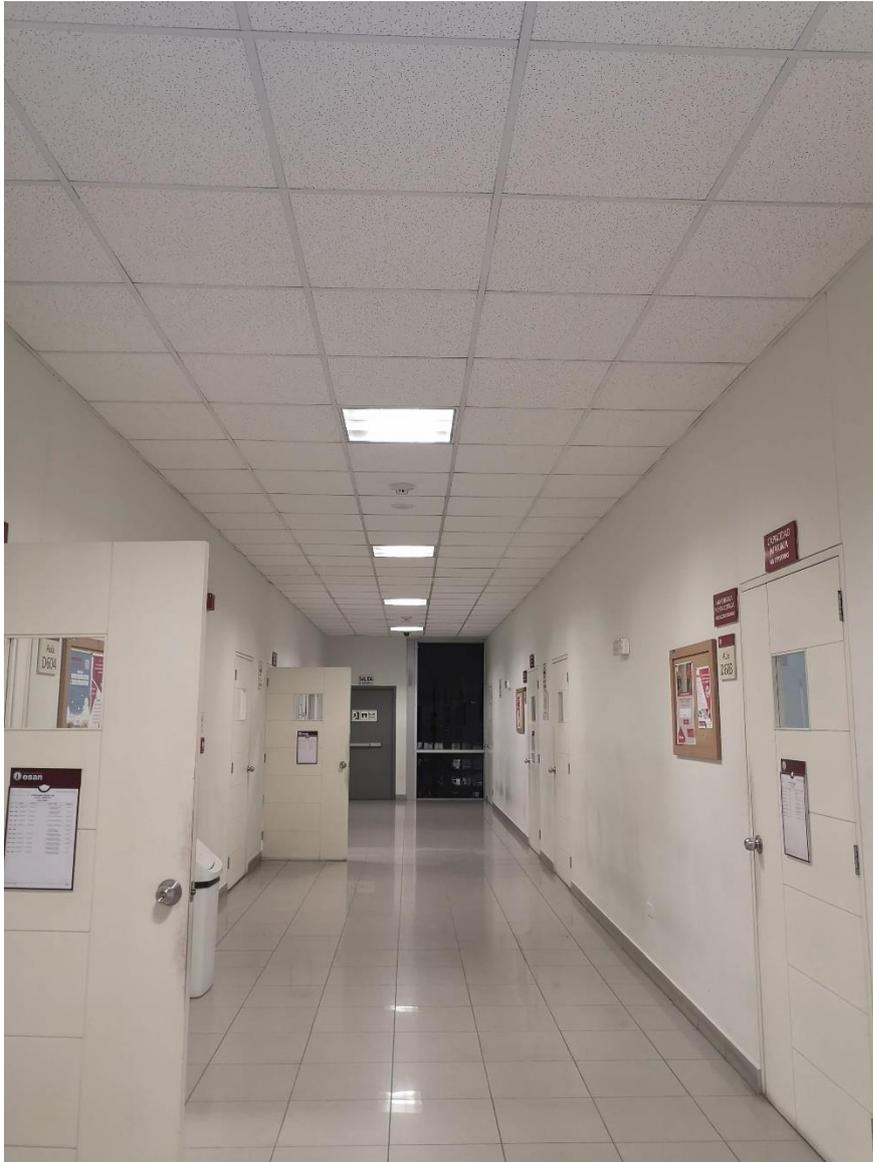
*Fotografía 4:* Luminaria dentro de los salones del edificio D



Fotografía 5: Proyector dentro de los salones del edificio D



Fotografía 6: Access point (internet) dentro de los salones del edificio D



*Fotografía 7: Pasillos del edificio D*



*Fotografía 8: Entrada de los pisos del edificio D y máquina expendedora*

**Anexo VI: Panel fotográfico del techo del edificio D**



*Fotografía 9: Vista 1 del techo del edificio D*



*Fotografía 10: Vista 2 del techo del edificio D*



*Fotografía 11:* Vista 3 del techo del edificio D



*Fotografía 12:* Vista 4 del techo del edificio D



*Fotografía 13: Vista 5 del techo del edificio D*



*Fotografía 14: Vista 6 del techo del edificio D*

**Anexo VII: Panel fotográfico del Monitoreo de parámetros meteorológicos**



*Fotografía 15: Estación meteorológica en el techo del edificio D (M-01)*



*Fotografía 16: Monitoreo de parámetros meteorológicos en la estación M-01*

**Anexo VIII: Resultados del Monitoreo de parámetros meteorológicos**

Febrero			Marzo			Abril		
Fecha	Hora	Rad. (W)	Fecha	Hora	Rad. (W)	Fecha	Hora	Rad. (W)
22/02/2019	14:30	823				12/04/2019	12:30	868
22/02/2019	15:00	808	8/03/2019	16:30	343	12/04/2019	13:00	858
22/02/2019	15:30	827	8/03/2019	17:00	232	12/04/2019	13:30	829
22/02/2019	16:00	449	8/03/2019	17:30	194	12/04/2019	14:00	783
22/02/2019	16:30	197	8/03/2019	18:00	112	12/04/2019	14:30	722
22/02/2019	17:00	140	8/03/2019	18:30	36	12/04/2019	15:00	639
22/02/2019	17:30	59	8/03/2019	19:00	1	12/04/2019	15:30	555
22/02/2019	18:00	29	8/03/2019	19:30	0	12/04/2019	16:00	455
22/02/2019	18:30	13	8/03/2019	20:00	0	12/04/2019	16:30	327
22/02/2019	19:00	3	8/03/2019	20:30	0	12/04/2019	17:00	208
22/02/2019	19:30	0	8/03/2019	21:00	0	12/04/2019	17:30	56
22/02/2019	20:00	0	8/03/2019	21:30	0	12/04/2019	18:00	22
22/02/2019	20:30	0	8/03/2019	22:00	0	12/04/2019	18:30	1
22/02/2019	21:00	0	8/03/2019	22:30	0	12/04/2019	19:00	0
22/02/2019	21:30	0	8/03/2019	23:00	0	12/04/2019	19:30	0
22/02/2019	22:00	0	8/03/2019	23:30	0	12/04/2019	20:00	0
22/02/2019	22:30	0	9/03/2019	00:00	0	12/04/2019	20:30	0
22/02/2019	23:00	0	9/03/2019	00:30	0	12/04/2019	21:00	0
22/02/2019	23:30	0	9/03/2019	01:00	0	12/04/2019	21:30	0
23/02/2019	00:00	0	9/03/2019	01:30	0	12/04/2019	22:00	0
23/02/2019	00:30	0	9/03/2019	02:00	0	12/04/2019	22:30	0
23/02/2019	01:00	0	9/03/2019	02:30	0	12/04/2019	23:00	0
23/02/2019	01:30	0	9/03/2019	03:00	0	12/04/2019	23:30	0
23/02/2019	02:00	0	9/03/2019	03:30	0	13/04/2019	00:00	0

23/02/2019	02:30	0	9/03/2019	04:00	0	13/04/2019	00:30	0
23/02/2019	03:00	0	9/03/2019	04:30	0	13/04/2019	01:00	0
23/02/2019	03:30	0	9/03/2019	05:00	0	13/04/2019	01:30	0
23/02/2019	04:00	0	9/03/2019	05:30	0	13/04/2019	02:00	0
23/02/2019	04:30	0	9/03/2019	06:00	0	13/04/2019	02:30	0
23/02/2019	05:00	0	9/03/2019	06:30	8	13/04/2019	03:00	0
23/02/2019	05:30	0	9/03/2019	07:00	46	13/04/2019	03:30	0
23/02/2019	06:00	0	9/03/2019	07:30	74	13/04/2019	04:00	0
23/02/2019	06:30	10	9/03/2019	08:00	147	13/04/2019	04:30	0
23/02/2019	07:00	63	9/03/2019	08:30	264	13/04/2019	05:00	0
23/02/2019	07:30	96	9/03/2019	09:00	303	13/04/2019	05:30	0
23/02/2019	08:00	209	9/03/2019	09:30	630	13/04/2019	06:00	0
23/02/2019	08:30	301	9/03/2019	10:00	723	13/04/2019	06:30	3
23/02/2019	09:00	417	9/03/2019	10:30	593	13/04/2019	07:00	34
23/02/2019	09:30	545	9/03/2019	11:00	786	13/04/2019	07:30	105
23/02/2019	10:00	670	9/03/2019	11:30	911	13/04/2019	08:00	199
23/02/2019	10:30	763	9/03/2019	12:00	808	13/04/2019	08:30	303
23/02/2019	11:00	835	9/03/2019	12:30	749	13/04/2019	09:00	408
23/02/2019	11:30	904	9/03/2019	13:00	820	13/04/2019	09:30	511
23/02/2019	12:00	925	9/03/2019	13:30	902	13/04/2019	10:00	603
23/02/2019	12:30	940	9/03/2019	14:00	783	13/04/2019	10:30	600
23/02/2019	13:00	930	9/03/2019	14:30	638	13/04/2019	11:00	670
23/02/2019	13:30	914	9/03/2019	15:00	812	13/04/2019	11:30	810
23/02/2019	14:00	871	9/03/2019	15:30	497	13/04/2019	12:00	832
23/02/2019	14:30	833	9/03/2019	16:00	454	13/04/2019	12:30	847
			9/03/2019	16:30	229			
23/02/2019	15:00	746				13/04/2019	13:00	845
23/02/2019	15:30	723	9/03/2019	17:00	113	13/04/2019	13:30	827

23/02/2019	16:00	681	9/03/2019	17:30	53	13/04/2019	14:00	781
23/02/2019	16:30	557	9/03/2019	18:00	29	13/04/2019	14:30	720
23/02/2019	17:00	284	9/03/2019	18:30	13	13/04/2019	15:00	643
23/02/2019	17:30	209	9/03/2019	19:00	0	13/04/2019	15:30	556
23/02/2019	18:00	141	9/03/2019	19:30	0	13/04/2019	16:00	453
23/02/2019	18:30	53	9/03/2019	20:00	0	13/04/2019	16:30	349
23/02/2019	19:00	3	9/03/2019	20:30	0	13/04/2019	17:00	230
23/02/2019	19:30	0	9/03/2019	21:00	0	13/04/2019	17:30	96
23/02/2019	20:00	0	9/03/2019	21:30	0	13/04/2019	18:00	47
23/02/2019	20:30	0	9/03/2019	22:00	0	13/04/2019	18:30	5
23/02/2019	21:00	0	9/03/2019	22:30	0	13/04/2019	19:00	0
23/02/2019	21:30	0	9/03/2019	23:00	0	13/04/2019	19:30	0
23/02/2019	22:00	0	9/03/2019	23:30	0	13/04/2019	20:00	0
23/02/2019	22:30	0	10/03/2019	00:00	0	13/04/2019	20:30	0
23/02/2019	23:00	0	10/03/2019	00:30	0	13/04/2019	21:00	0
23/02/2019	23:30	0	10/03/2019	01:00	0	13/04/2019	21:30	0
24/02/2019	00:00	0	10/03/2019	01:30	0	13/04/2019	22:00	0
24/02/2019	00:30	0	10/03/2019	02:00	0	13/04/2019	22:30	0
24/02/2019	01:00	0	10/03/2019	02:30	0	13/04/2019	23:00	0
24/02/2019	01:30	0	10/03/2019	03:00	0	13/04/2019	23:30	0
24/02/2019	02:00	0	10/03/2019	03:30	0	14/04/2019	00:00	0
24/02/2019	02:30	0	10/03/2019	04:00	0	14/04/2019	00:30	0
24/02/2019	03:00	0	10/03/2019	04:30	0	14/04/2019	01:00	0
24/02/2019	03:30	0	10/03/2019	05:00	0	14/04/2019	01:30	0
24/02/2019	04:00	0	10/03/2019	05:30	5	14/04/2019	02:00	0
24/02/2019	04:30	0	10/03/2019	06:00	36	14/04/2019	02:30	0
24/02/2019	05:00	0	10/03/2019	06:30	113	14/04/2019	03:00	0
24/02/2019	05:30	0	10/03/2019	07:00	207	14/04/2019	03:30	0

24/02/2019	06:00	0	10/03/2019	07:30	343	14/04/2019	04:00	0
24/02/2019	06:30	1	10/03/2019	08:00	502	14/04/2019	04:30	0
24/02/2019	07:00	16	10/03/2019	08:30	577	14/04/2019	05:00	0
24/02/2019	07:30	61	10/03/2019	09:00	666	14/04/2019	05:30	0
24/02/2019	08:00	139	10/03/2019	09:30	743	14/04/2019	06:00	0
24/02/2019	08:30	181	10/03/2019	10:00	720	14/04/2019	06:30	4
24/02/2019	09:00	242	10/03/2019	10:30	655	14/04/2019	07:00	31
24/02/2019	09:30	235	10/03/2019	11:00	553	14/04/2019	07:30	64
24/02/2019	10:00	359	10/03/2019	11:30	633	14/04/2019	08:00	62
24/02/2019	10:30	474	10/03/2019	12:00	980	14/04/2019	08:30	145
24/02/2019	11:00	758	10/03/2019	12:30	928	14/04/2019	09:00	454
24/02/2019	11:30	890	10/03/2019	13:00	765	14/04/2019	09:30	536
24/02/2019	12:00	945	10/03/2019	13:30	546	14/04/2019	10:00	581
24/02/2019	12:30	1006	10/03/2019	14:00	589	14/04/2019	10:30	580
24/02/2019	13:00	983	10/03/2019	14:30	311	14/04/2019	11:00	663
24/02/2019	13:30	941	10/03/2019	15:00	181	14/04/2019	11:30	783
24/02/2019	14:00	905	10/03/2019	15:30	198	14/04/2019	12:00	814
24/02/2019	14:30	781	10/03/2019	16:00	181	14/04/2019	12:30	822
			10/03/2019	16:30	86			
24/02/2019	15:00	530				14/04/2019	13:00	821
24/02/2019	15:30	411	10/03/2019	17:00	39	14/04/2019	13:30	799
24/02/2019	16:00	264	10/03/2019	17:30	11	14/04/2019	14:00	757
24/02/2019	16:30	243	10/03/2019	18:00	0	14/04/2019	14:30	713
24/02/2019	17:00	229	10/03/2019	18:30	0	14/04/2019	15:00	638
24/02/2019	17:30	179	10/03/2019	19:00	0	14/04/2019	15:30	544
24/02/2019	18:00	94	10/03/2019	19:30	0	14/04/2019	16:00	437
24/02/2019	18:30	26	10/03/2019	20:00	0	14/04/2019	16:30	330
24/02/2019	19:00	2	10/03/2019	20:30	0	14/04/2019	17:00	206

24/02/2019	19:30	0	10/03/2019	21:00	0	14/04/2019	17:30	53
24/02/2019	20:00	0	10/03/2019	21:30	0	14/04/2019	18:00	22
24/02/2019	20:30	0	10/03/2019	22:00	0	14/04/2019	18:30	1
24/02/2019	21:00	0	10/03/2019	22:30	0	14/04/2019	19:00	0
24/02/2019	21:30	0	10/03/2019	23:00	0	14/04/2019	19:30	0
24/02/2019	22:00	0	10/03/2019	23:30	0	14/04/2019	20:00	0
24/02/2019	22:30	0	11/03/2019	00:00	0	14/04/2019	20:30	0
24/02/2019	23:00	0	11/03/2019	00:30	0	14/04/2019	21:00	0
24/02/2019	23:30	0	11/03/2019	01:00	0	14/04/2019	21:30	0
25/02/2019	00:00	0	11/03/2019	01:30	0	14/04/2019	22:00	0
25/02/2019	00:30	0	11/03/2019	02:00	0	14/04/2019	22:30	0
25/02/2019	01:00	0	11/03/2019	02:30	0	14/04/2019	23:00	0
25/02/2019	01:30	0	11/03/2019	03:00	0	14/04/2019	23:30	0
25/02/2019	02:00	0	11/03/2019	03:30	0	15/04/2019	00:00	0
25/02/2019	02:30	0	11/03/2019	04:00	0	15/04/2019	00:30	0
25/02/2019	03:00	0	11/03/2019	04:30	0	15/04/2019	01:00	0
25/02/2019	03:30	0	11/03/2019	05:00	0	15/04/2019	01:30	0
25/02/2019	04:00	0	11/03/2019	05:30	8	15/04/2019	02:00	0
25/02/2019	04:30	0	11/03/2019	06:00	60	15/04/2019	02:30	0
25/02/2019	05:00	0	11/03/2019	06:30	150	15/04/2019	03:00	0
25/02/2019	05:30	0	11/03/2019	07:00	255	15/04/2019	03:30	0
25/02/2019	06:00	0	11/03/2019	07:30	342	15/04/2019	04:00	0
25/02/2019	06:30	3	11/03/2019	08:00	451	15/04/2019	04:30	0
25/02/2019	07:00	16	11/03/2019	08:30	557	15/04/2019	05:00	0
25/02/2019	07:30	36	11/03/2019	09:00	664	15/04/2019	05:30	0
25/02/2019	08:00	95	11/03/2019	09:30	771	15/04/2019	06:00	0
25/02/2019	08:30	87	11/03/2019	10:00	844	15/04/2019	06:30	3
25/02/2019	09:00	90	11/03/2019	10:30	899	15/04/2019	07:00	33

25/02/2019	09:30	111	11/03/2019	11:00	923	15/04/2019	07:30	108
25/02/2019	10:00	165	11/03/2019	11:30	936	15/04/2019	08:00	203
25/02/2019	10:30	354	11/03/2019	12:00	922	15/04/2019	08:30	310
25/02/2019	11:00	475	11/03/2019	12:30	897	15/04/2019	09:00	413
25/02/2019	11:30	844	11/03/2019	13:00	858	15/04/2019	09:30	492
25/02/2019	12:00	563	11/03/2019	13:30	802	15/04/2019	10:00	563
25/02/2019	12:30	807	11/03/2019	14:00	730	15/04/2019	10:30	569
25/02/2019	13:00	1149	11/03/2019	14:30	649	15/04/2019	11:00	661
25/02/2019	13:30	612	11/03/2019	15:00	538	15/04/2019	11:30	796
25/02/2019	14:00	749	11/03/2019	15:30	423	15/04/2019	12:00	828
25/02/2019	14:30	978				15/04/2019	12:30	836
						15/04/2019	13:00	824
						15/04/2019	13:30	802
						15/04/2019	14:00	765
						15/04/2019	14:30	707
						15/04/2019	15:00	632

Mayo			Junio		
Fecha	Hora	Rad. (W)	Fecha	Hora	Rad. (W)
10/05/2019	11:30	285	14/06/2019	14:00	273
10/05/2019	12:00	278	14/06/2019	14:30	258
10/05/2019	12:30	278	14/06/2019	15:00	216
10/05/2019	13:00	305	14/06/2019	15:30	168
10/05/2019	13:30	313	14/06/2019	16:00	148
10/05/2019	14:00	297	14/06/2019	16:30	113
10/05/2019	14:30	259	14/06/2019	17:00	63
10/05/2019	15:00	224	14/06/2019	17:30	32

10/05/2019	15:30	175	14/06/2019	18:00	7
10/05/2019	16:00	142	14/06/2019	18:30	0
10/05/2019	16:30	104	14/06/2019	19:00	0
10/05/2019	17:00	47	14/06/2019	19:30	0
10/05/2019	17:30	16	14/06/2019	20:00	0
10/05/2019	18:00	2	14/06/2019	20:30	0
10/05/2019	18:30	0	14/06/2019	21:00	0
10/05/2019	19:00	0	14/06/2019	21:30	0
10/05/2019	19:30	0	14/06/2019	22:00	0
10/05/2019	20:00	0	14/06/2019	22:30	0
10/05/2019	20:30	0	14/06/2019	23:00	0
10/05/2019	21:00	0	14/06/2019	23:30	0
10/05/2019	21:30	0	15/06/2019	00:00	0
10/05/2019	22:00	0	15/06/2019	00:30	0
10/05/2019	22:30	0	15/06/2019	01:00	0
10/05/2019	23:00	0	15/06/2019	01:30	0
10/05/2019	23:30	0	15/06/2019	02:00	0
11/05/2019	00:00	0	15/06/2019	02:30	0
11/05/2019	00:30	0	15/06/2019	03:00	0
11/05/2019	01:00	0	15/06/2019	03:30	0
11/05/2019	01:30	0	15/06/2019	04:00	0
11/05/2019	02:00	0	15/06/2019	04:30	0
11/05/2019	02:30	0	15/06/2019	05:00	0
11/05/2019	03:00	0	15/06/2019	05:30	0
11/05/2019	03:30	0	15/06/2019	06:00	0
11/05/2019	04:00	0	15/06/2019	06:30	0
11/05/2019	04:30	0	15/06/2019	07:00	7
11/05/2019	05:00	0	15/06/2019	07:30	22

11/05/2019	05:30	0	15/06/2019	08:00	35
11/05/2019	06:00	0	15/06/2019	08:30	40
11/05/2019	06:30	0	15/06/2019	09:00	66
11/05/2019	07:00	6	15/06/2019	09:30	82
11/05/2019	07:30	17	15/06/2019	10:00	108
11/05/2019	08:00	28	15/06/2019	10:30	118
11/05/2019	08:30	48	15/06/2019	11:00	111
11/05/2019	09:00	70	15/06/2019	11:30	100
11/05/2019	09:30	107	15/06/2019	12:00	106
11/05/2019	10:00	157	15/06/2019	12:30	108
11/05/2019	10:30	175	15/06/2019	13:00	113
11/05/2019	11:00	267	15/06/2019	13:30	93
11/05/2019	11:30	312	15/06/2019	14:00	96
11/05/2019	12:00	291	15/06/2019	14:30	87
11/05/2019	14:00	215	15/06/2019	15:00	77
11/05/2019	14:30	159	15/06/2019	15:30	63
11/05/2019	15:00	148	15/06/2019	16:00	53
11/05/2019	15:30	128	15/06/2019	16:30	47
11/05/2019	16:00	84	15/06/2019	17:00	25
11/05/2019	16:30	48	15/06/2019	17:30	10
11/05/2019	17:00	23	15/06/2019	18:00	0
11/05/2019	17:30	4	15/06/2019	18:30	0
11/05/2019	18:00	0	15/06/2019	19:00	0
11/05/2019	18:30	0	15/06/2019	19:30	0
11/05/2019	19:00	0	15/06/2019	20:00	0
11/05/2019	19:30	0	15/06/2019	20:30	0
11/05/2019	20:00	0	15/06/2019	21:00	0

11/05/2019	20:30	0	15/06/2019	21:30	0
11/05/2019	21:00	0	15/06/2019	22:00	0
11/05/2019	21:30	0	15/06/2019	22:30	0
11/05/2019	22:00	0	15/06/2019	23:00	0
11/05/2019	22:30	0	15/06/2019	23:30	0
11/05/2019	23:00	0	16/06/2019	00:00	0
11/05/2019	23:30	0	16/06/2019	00:30	0
12/05/2019	00:00	0	16/06/2019	01:00	0
12/05/2019	00:30	0	16/06/2019	01:30	0
12/05/2019	01:00	0	16/06/2019	02:00	0
12/05/2019	01:30	0	16/06/2019	02:30	0
12/05/2019	02:00	0	16/06/2019	03:00	0
12/05/2019	02:30	0	16/06/2019	03:30	0
12/05/2019	03:00	0	16/06/2019	04:00	0
12/05/2019	03:30	0	16/06/2019	04:30	0
12/05/2019	04:00	0	16/06/2019	05:00	0
12/05/2019	04:30	0	16/06/2019	05:30	0
12/05/2019	05:00	0	16/06/2019	06:00	0
12/05/2019	05:30	0	16/06/2019	06:30	0
12/05/2019	06:00	5	16/06/2019	07:00	2
12/05/2019	06:30	44	16/06/2019	07:30	16
12/05/2019	07:00	97	16/06/2019	08:00	28
12/05/2019	07:30	161	16/06/2019	08:30	40
12/05/2019	08:00	232	16/06/2019	09:00	60
12/05/2019	08:30	303	16/06/2019	09:30	83
12/05/2019	09:00	401	16/06/2019	10:00	87
12/05/2019	09:30	496	16/06/2019	10:30	123
12/05/2019	10:00	567	16/06/2019	11:00	139

ESAN

12/05/2019	10:30	539	16/06/2019	11:30	196
12/05/2019	11:00	622	16/06/2019	12:00	179
12/05/2019	11:30	675	16/06/2019	12:30	187
12/05/2019	12:00	688	16/06/2019	13:00	178
12/05/2019	12:30	679	16/06/2019	13:30	189
12/05/2019	13:00	647	16/06/2019	14:00	171
12/05/2019	13:30	598	16/06/2019	14:30	151
12/05/2019	14:00	525	16/06/2019	15:00	151
12/05/2019	14:30	419	16/06/2019	15:30	192
12/05/2019	15:00	364	16/06/2019	16:00	167
12/05/2019	15:30	272	16/06/2019	16:30	102
12/05/2019	16:00	184	16/06/2019	17:00	58
12/05/2019	16:30	68	16/06/2019	17:30	17
12/05/2019	17:00	41	16/06/2019	18:00	0
12/05/2019	17:30	7	16/06/2019	18:30	0
12/05/2019	18:00	0	16/06/2019	19:00	0
12/05/2019	18:30	0	16/06/2019	19:30	0
12/05/2019	19:00	0	16/06/2019	20:00	0
12/05/2019	19:30	0	16/06/2019	20:30	0
12/05/2019	20:00	0	16/06/2019	21:00	0
12/05/2019	20:30	0	16/06/2019	21:30	0
12/05/2019	21:00	0	16/06/2019	22:00	0
12/05/2019	21:30	0	16/06/2019	22:30	0
12/05/2019	22:00	0	16/06/2019	23:00	0
12/05/2019	22:30	0	16/06/2019	23:30	0
12/05/2019	23:00	0	17/06/2019	00:00	0
12/05/2019	23:30	0	17/06/2019	00:30	0

13/05/2019	00:00	0	17/06/2019	01:00	0
13/05/2019	00:30	0	17/06/2019	01:30	0
13/05/2019	01:00	0	17/06/2019	02:00	0
13/05/2019	01:30	0	17/06/2019	02:30	0
13/05/2019	02:00	0	17/06/2019	03:00	0
13/05/2019	02:30	0	17/06/2019	03:30	0
13/05/2019	03:00	0	17/06/2019	04:00	0
13/05/2019	03:30	0	17/06/2019	04:30	0
13/05/2019	04:00	0	17/06/2019	05:00	0
13/05/2019	04:30	0	17/06/2019	05:30	0
13/05/2019	05:00	0	17/06/2019	06:00	0
13/05/2019	05:30	0	17/06/2019	06:30	0
13/05/2019	06:00	3	17/06/2019	07:00	3
13/05/2019	06:30	17	17/06/2019	07:30	16
13/05/2019	07:00	60	17/06/2019	08:00	33
13/05/2019	07:30	109	17/06/2019	08:30	47
13/05/2019	08:00	178	17/06/2019	09:00	59
13/05/2019	08:30	367	17/06/2019	09:30	78
13/05/2019	09:00	467	17/06/2019	10:00	100
13/05/2019	09:30	520	17/06/2019	10:30	110
13/05/2019	10:00	571	17/06/2019	11:00	125
13/05/2019	10:30	542	17/06/2019	11:30	137
13/05/2019	11:00	575	17/06/2019	12:00	155
13/05/2019	11:30	663	17/06/2019	12:30	142
13/05/2019	12:00	586	17/06/2019	13:00	111
13/05/2019	12:30	505	17/06/2019	13:30	101
13/05/2019	13:00	699	17/06/2019	14:00	99
13/05/2019	13:30	632			

			17/06/2019	14:30	88
13/05/2019	14:00	574	17/06/2019	15:00	76
13/05/2019	14:30	501	17/06/2019	15:30	68
13/05/2019	15:00	417	17/06/2019	16:00	43
			17/06/2019	16:30	31
			17/06/2019	17:00	21
			17/06/2019	17:30	9
			17/06/2019	18:00	0
			17/06/2019	18:30	0
			17/06/2019	19:00	0
			17/06/2019	19:30	0
			17/06/2019	20:00	0
			17/06/2019	20:30	0
			17/06/2019	21:00	0
			17/06/2019	21:30	0
			17/06/2019	22:00	0
			17/06/2019	22:30	0
			17/06/2019	23:00	0
			17/06/2019	23:30	0
			18/06/2019	00:00	0
			18/06/2019	00:30	0
			18/06/2019	01:00	0
			18/06/2019	01:30	0
			18/06/2019	02:00	0
			18/06/2019	02:30	0
			18/06/2019	03:00	0
			18/06/2019	03:30	0
			18/06/2019	04:00	0

			18/06/2019	04:30	0
			18/06/2019	05:00	0
			18/06/2019	05:30	0
			18/06/2019	06:00	0
			18/06/2019	06:30	0
			18/06/2019	07:00	2
			18/06/2019	07:30	10
			18/06/2019	08:00	16
			18/06/2019	08:30	23
			18/06/2019	09:00	34
			18/06/2019	09:30	51
			18/06/2019	10:00	59

## Anexo IX: Hojas técnicas de los equipos usados para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico

www.jinkosolar.com

**JinKO** Solar  
Building Your Trust in Solar

**JKM325PP-72(Plus)**  
**310-325 Vatios**  
MÓDULO POLICRISTALINO

Tolerancia positiva 0/+3%

Fábrica con certificación ISO9001:2008, ISO14001:2004, OHSAS18001  
Productos con certificación IEC61215, IEC61730

**Plus**

### Principales características



**Potencia Elevada:**

Los módulos de 72 células policristalinos alcanzan potencias de hasta 325Wp.



**Garantía Anti-Degradación Potencial Inducida (PID):**

Se garantiza una degradación limitada de la potencia del módulo Eagle causada por la Degradación Potencial Inducida (PID por sus siglas en inglés) bajo condiciones de 60°C/85% de humedad relativa para la producción en masa.



**Rendimiento con baja irradiación lumínica:**

El avanzado cristal y el texturizado de la superficie de la célula fotovoltaica permiten un resultado excelente en condiciones de baja irradiación lumínica.



**Resistencia en condiciones climatológicas adversas:**

Certificado para soportar rachas de viento (2.400 Pascal) y cargas de nieve (5.400 Pascal).



**Resistencia en condiciones ambientales extremas:**

Alta resistencia a la brisa marina y al amoníaco, certificado por TÜV NORD.

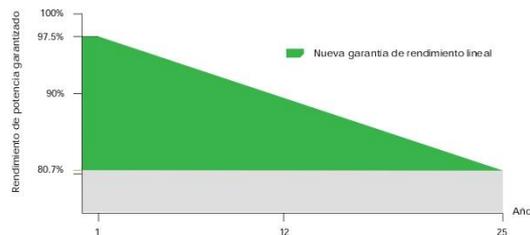


**Coefficiente de Temperatura:**

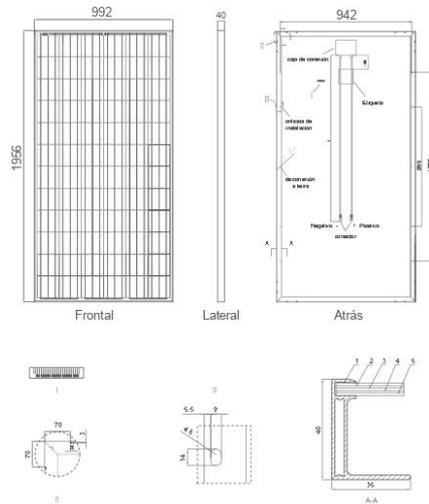
El coeficiente de temperatura mejorado reduce la pérdida de potencia en altas temperaturas.

### GARANTÍA DE RENDIMIENTO LINEAL

10 Años de garantía de producto • 25 Años de garantía de potencia lineal

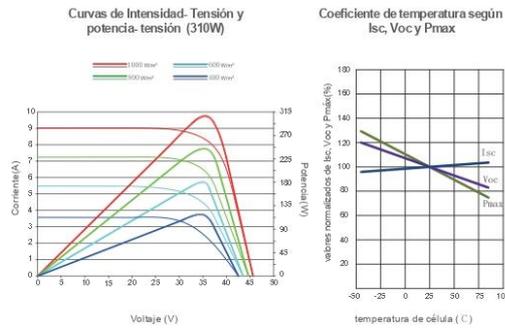


**Dibujos técnicos**



**Embalaje**  
 (Dos cajas = un palet)  
 25 pzs./caja, 50 pzs./caja, 600 pzs./40' HQ contenedores

**Rendimiento eléctrico y dependencia de la temperatura**



**Características mecánicas**

Tipo de célula	Policristalina 156x156 mm (6 pulgadas)
Nº de células	72 (6x12)
Dimensiones	1956x992x40mm (77,01x39,05x1,57 pulgadas)
Peso	26,5 kg (58,4 libras.)
Vidrio frontal	4,0mm, alta transmisión, bajo contenido en hierro, vidrio templado
Estructura	Aleación de aluminio anodizado
Caja de conexión	Clase IP67
Cables de salida	TÜV 1x4,0 mm <sup>2</sup> ; Longitud: 900mm

**ESPECIFICACIONES**

Tipo de módulo	JKM310PP(Plus)		JKM315PP(Plus)		JKM320PP(Plus)		JKM325PP(Plus)	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Potencia nominal (Pmáx)	310Wp	231Wp	315Wp	235Wp	320Wp	238Wp	325Wp	242Wp
Tensión en el punto Pmáx-VMPP (V)	37.0V	33.9V	37.2V	34.3V	37.4V	34.7V	37.6V	35.0V
Corriente en el punto Pmáx-IMPP (A)	8.38A	6.81A	8.48A	6.84A	8.56A	6.86A	8.66A	6.91A
Tensión en circuito abierto-VOC (V)	45.9V	42.7V	46.2V	43.2V	46.4V	43.7V	46.7V	44.0V
Corriente de cortocircuito-ISC (A)	8.96A	7.26A	9.01A	7.29A	9.05A	7.30A	9.10A	7.34A
Eficiencia del módulo (%)	15.98%		16.23%		16.49%		16.75%	
Temperatura de funcionamiento (°C)					-40°C~+85°C			
Tensión máxima del sistema					1000VDC (IEC)			
VALORES máximos recomendados de los fusibles					15A			
Tolerancia de potencia nominal (%)					0~+3%			
Coefficiente de temperatura de PMAX					-0.40%/°C			
Coefficiente de temperatura de VOC					-0.30%/°C			
Coefficiente de temperatura de ISC					0.06%/°C			
TEMPERATURA operacional nominal de célula					45±2°C			

STC: ☀️ Radiación 1000 W/m<sup>2</sup> 📦 Célula módulo 25°C ☁️ AM=1.5  
 NOCT: ☀️ Radiación 800 W/m<sup>2</sup> 📦 Ambiente módulo 20°C ☁️ AM=1.5 🌀 Velocidad del viento 1m/s

\* TOLERANCIA de medición de potencia: ± 3%

Fabricación europea

Made in Europe

SERIE UP-GC

CICLO PROFUNDO

DEEP CYCLE

Características

- Energía Renovables, aplicaciones de ciclado profundo.
- Más de 1000 ciclos al 75% de profundidad de descarga.
- Más de 2500 según IEC61427.
- Larga vida útil.
- Alta resistencia a ciclos repetitivos de descargas profundas.
- Sin Mantenimiento.

Main features

- Renewable Energies, deep discharges applications.
- More than 1000 cycles at 75% D.O.D.
- More than 2500 cycles according to IEC 61427.
- Long service life.
- High resistance to deep and repeated discharge cycles.
- Maintenance Free.

Aplicaciones

Energía fotovoltaica, auto caravanas, caravanas, barcos, carretillas elevadoras, plataformas elevadoras, vehículos eléctricos, barredoras, fregadoras, elevadores, apiladores, luminarias de carretera.

Main uses

Solar energy systems, mobile homes, street solar lighting, vessels, fork lifts, lifting platforms, electrical vehicles, sweepers, scrubbing machines, electric stackers, etc.



Model	Nominal Voltage (V)	Capacity		Dimension								Weight	Terminal
		(100H)	(5H)	Length		Width		Height		Total Height			
				mm	in	mm	in	mm	in	mm	in		
UP-GC2TOP	6	250	185	261	10.28	181	7.13	276	10.87	294.5	11.59	27.7	DT
UP-GC8TOP	8	212	155	261	10.28	181	7.13	276	10.87	294.5	11.59	30.8	DT

\* Las medidas y especificaciones están sujetas a modificaciones sin previo aviso, para más información póngase en contacto con MASTER BATTERY.

\* Technical specifications may change without any notice, for more information contact MASTER BATTERY.



Serie UP-GC

REGULADORES DE CARGA SOLAR



### Steca Solarix PRS

#### PRS 1010, PRS 1515, PRS 2020, PRS 3030

El regulador de carga solar Steca Solarix PRS impresiona tanto por su sencillez como por su potencia, y ofrece al mismo tiempo un diseño moderno y un display cómodo de manejar a un precio irresistible.

Varios LED de diversos colores informan a primera vista sobre el estado de carga de la batería. Aquí entran en acción los algoritmos modernos de Steca, que aseguran un óptimo cuidado de la batería. Los reguladores de carga Solarix PRS están equipados con un fusible electrónico que garantiza una protección inmejorable. Trabajan en serie y separan el módulo solar de la batería para proteger a esta última contra sobrecarga.

Además, se pueden equipar con funciones especiales para proyectos mayores. Ejemplos de ello son la función de luz nocturna y las tensiones seleccionables, tanto al final de la carga como en la descarga total.



#### Características del producto

- Topología de serie con MOSFETs
- Selección automática de tensión
- Regulación de tensión
- Regulación MAP
- Tecnología de carga escalonada
- Desconexión de carga en función de la corriente
- Reconexión automática del consumidor
- Compensación de temperatura
- Posible una puesta a tierra negativa de un borne o positiva de varios bornes
- Carga mensual de compensación

#### Funciones de protección electrónica

- Protección contra sobrecarga
- Protección contra descarga total
- Protección contra polaridad inversa de los módulos ( $\leq 36$  V), la carga y la batería
- Fusible electrónico automático
- Protección contra cortocircuito de la carga y los módulos solares
- Protección contra sobretensión en la entrada del módulo
- Protección contra circuito abierto sin batería
- Protección contra corriente inversa por la noche
- Protección contra sobretensión y sobrecarga
- Desconexión por sobretensión en la batería

#### Indicaciones

- Display LED multifuncional
- LED de varios colores
- 5 LED indican los estados de funcionamiento
- para funcionamiento, estado de carga, avisos de fallo

#### Opciones

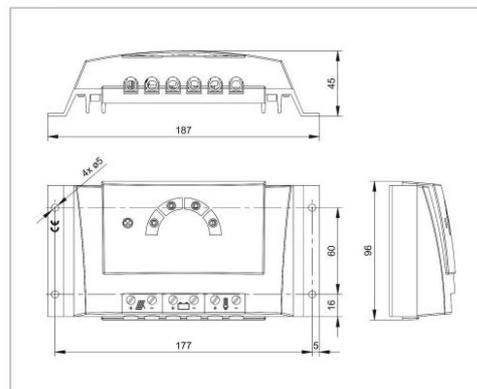
- Función de luz vespertina o nocturna de fábrica o configurable por el Steca PA RC 100
- Parametrización de los valores funcionales con el Steca PA RC 100

#### Certificaciones

- Conforme a los estándares europeos (CE)
- Conforme a RoHS
- Fabricado en EU
- Fabricado conforme a ISO 9001 e ISO 14001

#### Accesorios

- Steca PA RC100



	PRS 1010	PRS 1515	PRS 2020	PRS 3030
<b>Funcionamiento</b>				
Tensión del sistema	12 V (24 V)			
Consumo propio	< 4 mA			
<b>Datos de entrada DC</b>				
Tensión de circuito abierto del módulo solar (con temperatura de servicio mínima)	< 47 V			
Corriente del módulo	10 A	15 A	20 A	30 A
<b>Datos de salida DC</b>				
Corriente de consumo	10 A	15 A	20 A	30 A
Tensión de reconexión (LVR)	12,4 V ... 12,7 V (24,8 V ... 25,4 V)			
Protección contra descarga profunda (LVD)	11,2 V ... 11,6 V (22,4 V ... 23,2 V)			
<b>Datos de la batería</b>				
Tensión de la batería	9 V ... 17 V (17,1 V ... 34 V)			
Tensión final de carga	13,9 V (27,8 V)			
Tensión de carga reforzada	14,4 V (28,8 V)			
Carga de compensación	14,7 V (29,4 V)			
Ajuste del tipo de batería	líquido			
<b>Condiciones de uso</b>				
Temperatura ambiente	-25 °C ... +50 °C			
<b>Equipamiento y diseño</b>				
Terminal (cable fino / único)	16 mm <sup>2</sup> / 25 mm <sup>2</sup> - AWG 6 / 4			
Grado de protección	IP 31			
Dimensiones (X x Y x Z)	187 x 96 x 45 mm			
Peso	345 g			

- Datos técnicos a 25 °C / 77 °F
- ajustable a través Steca PA RC100: tensión de reconexión, protección contra descarga profunda, tensión final de carga, tensión de carga reforzada, carga de compensación, tipo de batería
- Los inversores no deben conectarse a la salida de carga.

Must Solar 1000W - 12V - PWM 50A

Inversor de Alta Frecuencia



**PV1800 PK Series**  
Inversor de Alta Frecuencia

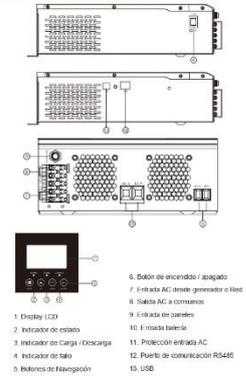
**Características:**

- Potencia Nominal de 1000W
- Onda Senoidal Pura
- Configurable desde la pantalla LCD ( Modos de trabajo, estado de cargas, voltaje de baterías y de campo solar, etc.)
- Regulador de carga PWM de 50A
- Nuevo modo de Trabajo SUB combinando la carga solar y la carga desde generador o de red eléctrica al mismo tiempo y manteniendo la potencia de salida
- Protección contra sobretensión y contra sobrecarga
- Formato compacto y ligero
- Función de arranque en frío
- Con programa para PC ( CD Incluido ) para programación del Inversor
- Pantalla LCD para monitorización directa
- Compatible con baterías AGM, Gel y Plomo ácido

**Introducción:**

Inversor de onda pura con cargador AC y regulador de carga de tipo PWM. Multifunción, con posibilidad de combinar al mismo tiempo los diferentes métodos de carga. Incorpora una pantalla LCD para su configuración a través de los botones que van instalados justo en la parte inferior. Es fácil y accesible para cualquier usuario, con opción de mostrar los valores de corriente de carga desde paneles solares, desde generador o red eléctrica, así como la opción de visualizar los consumos.

**Información del Display LCD**



**Conexión del Sistema Solar**



MODELO	PV1800PK		
<b>Voltaje de Baterías del Sistema</b>	12VDC		
<b>SALIDA INVERSOR</b>	Potencia del Inversor	1000W	
	Pico de Potencia	2000VA	
	Tipo de Onda	Onda Senoidal Pura	
	Regulación de Voltaje AC	220VAC-240VAC	
	Eficiencia del Inversor	93%	
<b>ENTRADA AC</b>	Voltage Salida AC	230VAC	
	Rango Voltage Salida (Senoidal)	170-260VAC (FST) - 90-280VAC (SLO) - 184-253VAC (APK)	
<b>BATERIA</b>	Rango de Frecuencia	50/60Hz (Auto programado)	
	Voltage Nominal	12VDC	
	Voltage de Flotación	13.5VDC	
<b>CARGADOR SOLAR &amp; CARGADOR AC</b>	Voltage de Protección Sobrecarga Batería	15.5VDC	
	Voltage Máximo de Panel en Voc	55VDC	
	Consumo en Stand By	70W	
	Máxima Corriente de Carga Solar (PWM)	50A	
	Máxima Corriente de Carga AC	70A	
<b>ESPECIFICACIONES MECÁNICAS</b>	Máxima Corriente de Carga Total	70A	
	Dimensiones de Producto (AxAxL)(mm)	229x350x132	
	Dimensiones del paquete (AxAxL)(mm)	409x172x105	
	Peso Neto(kg)	4.0	
	Peso en Bruto (kg)	6.0	
	<b>VARIOS</b>	Humedad	0% al 90% Humedad relativa
		Temperatura de Trabajo	0°C - 40°C
		Temperatura de Almacenamiento	-15°C - 60°C
		Uso: Continuo(20°C/100%PHQ)	570pcs / 1100pcs / 1360 pcs

**Conexiones**

