UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES Y HOSPITALIDAD
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA EN ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS CON ÉNFASIS EN FINANZAS

Modalidad Tesis

Análisis de la efectividad y viabilidad de los negocios enfocados en plantas solares fotovoltaicas, a nivel global, como solución alternativa a la problemática ambiental y a la crisis energética mundial

Elena Bravo González

SAN JOSÉ, COSTA RICA

Diciembre 2021

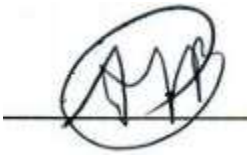
Facultad Ciencias Empresariales

Tribunal Examinador

Este proyecto, titulado: Análisis de la efectividad y viabilidad de los negocios enfocados en plantas solares fotovoltaicas, a nivel global, como solución alternativa a la problemática ambiental y a la crisis energética mundial.: Elena Bravo González, fue aprobado por el Tribunal Examinador de la carrera de Administración de Negocios de la Universidad Latina, Sede San Pedro, como requisito para optar por el grado de **Licenciatura en Administración de Negocios con énfasis en Finanzas**.

Lic. Victor Sanabria Sandoval
Tutora

Lic. Adriham Bolaños Acuña
Lector



Msc. Alcides Vargas Pachecho
Lector

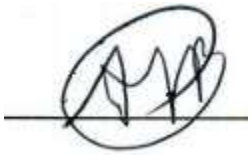
Facultad Ciencias Empresariales

Consejo asesor

Este proyecto, titulado: Análisis de la efectividad y viabilidad de los negocios enfocados en plantas solares fotovoltaicas, a nivel global, como solución alternativa a la problemática ambiental y a la crisis energética mundial.: Elena Bravo González, fue aprobado por el Consejo Asesor de la carrera de Administración de Negocios de la Universidad Latina, Sede San Pedro, como requisito para optar por el grado de **Licenciatura en Administración de Negocios con énfasis en Finanzas**.

Lic. Victor Sanabria Sandoval
Tutora

Lic. Adriham Bolaños Acuña
Lector



Msc. Alcides Vargas Pacheco
Lector

Declaración jurada

La suscrita, Elena Bravo González con cédula de identidad número 117520096, declaro bajo fe de juramento, que conozco las consecuencias penales que conlleva el delito de perjurio. Por lo tanto, soy la autora del presente trabajo final de graduación, modalidad tesis; para optar por el título de Licenciatura en Administración de Negocios con énfasis en Finanzas de la Universidad Latina, Sede San Pedro, y que el contenido de dicho trabajo es obra original del suscrito.

San Pedro, 29 de abril de 2022

Elena Bravo González
Cédula.: 117520096

Manifestación sobre exoneración de responsabilidad

La suscrita Elena Bravo González con cédula de identidad número 117520096, exonera de toda responsabilidad a la Universidad Latina, Sede Heredia; así como al Tutor y Lector que han revisado el presente trabajo final de graduación, para optar por el título de Licenciatura en Administración de Negocios con énfasis en Finanzas de la Universidad Latina, Sede Heredia; por las manifestaciones y/o apreciaciones personales incluidas en el mismo. Asimismo, autorizo a la Universidad Latina, Sede San Pedro, a disponer de dicho trabajo para uso y fines de carácter académico, publicitando el mismo en el sitio web; así como en el CRAI.

San Pedro, 29 de abril de 2022

Elena Bravo González
Cédula.: 117520096

Licencia De Distribución No Exclusiva (carta de la persona autora para uso didáctico)

Universidad Latina de Costa Rica

Yo (Nosotros):	Elena Bravo González
De la Carrera / Programa:	Administración de Negocios
Modalidad de TFG:	TESIS
Titulado:	Análisis de la efectividad y viabilidad de los negocios enfocados en plantas solares fotovoltaicas, a nivel global, como solución alternativa a la problemática ambiental y a la crisis energética mundial

Al firmar y enviar esta licencia, usted, el autor (es) y/o propietario (en adelante el "**AUTOR**"), declara lo siguiente: **PRIMERO**: Ser titular de todos los derechos patrimoniales de autor, o contar con todas las autorizaciones pertinentes de los titulares de los derechos patrimoniales de autor, en su caso, necesarias para la cesión del trabajo original del presente TFG (en adelante la "**OBRA**"). **SEGUNDO**: El **AUTOR** autoriza y cede a favor de la **UNIVERSIDAD U LATINA S.R.L.** con cédula jurídica número 3-102-177510 (en adelante la "**UNIVERSIDAD**"), quien adquiere la totalidad de los derechos patrimoniales de la **OBRA** necesarios para usar y reusar, publicar y republicar y modificar o alterar la **OBRA** con el propósito de divulgar de manera digital, de forma perpetua en la comunidad universitaria. **TERCERO**: El **AUTOR** acepta que la cesión se realiza a título gratuito, por lo que la **UNIVERSIDAD** no deberá abonar al autor retribución económica y/o patrimonial de ninguna especie. **CUARTO**: El **AUTOR** garantiza la originalidad de la **OBRA**, así como el hecho de que goza de la libre disponibilidad de los derechos que cede. En caso de impugnación de los derechos autorales o reclamaciones instadas por terceros relacionadas con el contenido o la autoría de la **OBRA**, la responsabilidad que pudiera derivarse será exclusivamente de cargo del **AUTOR** y este garantiza mantener indemne a la **UNIVERSIDAD** ante cualquier reclamo de algún tercero. **QUINTO**: El **AUTOR** se compromete a guardar confidencialidad sobre los alcances de la presente cesión, incluyendo todos aquellos temas que sean de orden meramente institucional o de organización interna de la **UNIVERSIDAD SEXTO**: La presente autorización y cesión se regirá por las leyes de la República de Costa Rica. Todas las controversias, diferencias, disputas o reclamos que pudieran derivarse de la presente cesión y la materia a la que este se refiere, su ejecución, incumplimiento, liquidación, interpretación o validez, se resolverán por medio de los Tribunales de Justicia de la República de Costa Rica, a cuyas normas se someten el **AUTOR** y la **UNIVERSIDAD**, en forma voluntaria e incondicional. **SÉPTIMO**: El **AUTOR** acepta que la **UNIVERSIDAD**, no se hace responsable del uso, reproducciones, venta y distribuciones de todo tipo de fotografías, audios, imágenes, grabaciones, o cualquier otro tipo de

presentación relacionado con la **OBRA**, y el **AUTOR**, está consciente de que no recibirá ningún tipo de compensación económica por parte de la **UNIVERSIDAD**, por lo que el **AUTOR** haya realizado antes de la firma de la presente autorización y cesión. **OCTAVO**: El **AUTOR** concede a **UNIVERSIDAD.,** el derecho no exclusivo de reproducción, traducción y/o distribuir su envío (incluyendo el resumen) en todo el mundo en formato impreso y electrónico y en cualquier medio, incluyendo, pero no limitado a audio o video. El **AUTOR** acepta que **UNIVERSIDAD.** puede, sin cambiar el contenido, traducir la **OBRA** a cualquier lenguaje, medio o formato con fines de conservación. **NOVENO**: El **AUTOR** acepta que **UNIVERSIDAD** puede conservar más de una copia de este envío de la **OBRA** por fines de seguridad, respaldo y preservación. El **AUTOR** declara que el envío de la **OBRA** es su trabajo original y que tiene el derecho a otorgar los derechos contenidos en esta licencia. **DÉCIMO**: El **AUTOR** manifiesta que la **OBRA** y/o trabajo original no infringe derechos de autor de cualquier persona. Si el envío de la **OBRA** contiene material del que no posee los derechos de autor, el **AUTOR** declara que ha obtenido el permiso irrestricto del propietario de los derechos de autor para otorgar a **UNIVERSIDAD** los derechos requeridos por esta licencia, y que dicho material de propiedad de terceros está claramente identificado y reconocido dentro del texto o contenido de la presentación. Asimismo, el **AUTOR** autoriza a que en caso de que no sea posible, en algunos casos la **UNIVERSIDAD** utiliza la **OBRA** sin incluir algunos o todos los derechos morales de autor de esta. **SI AL ENVÍO DE LA OBRA SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA U ORGANIZACIÓN QUE NO SEA UNIVERSIDAD U LATINA, S.R.L., EL AUTOR DECLARA QUE HA CUMPLIDO CUALQUIER DERECHO DE REVISIÓN U OTRAS OBLIGACIONES REQUERIDAS POR DICHO CONTRATO O ACUERDO. La presente autorización se extiende el día** 28 **de** 04 **de** 2022 **a las** 18:49

Firma del estudiante(s):

Agradecimientos

Un especial agradecimiento a:

- Mi tutor Don Victor
- Los docentes de la Universidad
- Lectores asociados a la revisión del presente trabajo
- Mi filóloga
- La administración de la Universidad
- Mi familia

Tabla de Contenidos

Capítulo I 13
Introducción y Propósito 13
Estado Actual de la Investigación 14
Introducción 14
Descripción 15
Antecedentes 17
Información Existente 18
Estudios previos 18
Delimitación del Tema 20
Aporte del investigador 20
Delimitación Espacial 21
Delimitación Temporal 21
Objeto de Estudio 21
Elemento práctico 22
Elemento teórico 22
Formulación del Problema de Investigación 22
Sistematización del Problema 22
Objetivos del Estudio 23
General 23
Específicos 23
Planteamiento de la Hipótesis 23
Hipótesis Principal 23
Hipótesis Alternativa 24
Hipótesis Nula 24
Justificación del Estudio de Investigación 24
Justificación Práctica 24
Justificación Metodológica 24
Justificación Teórica 24
Alcances y Limitaciones de la Investigación 25
Alcances 25
Limitaciones 25
Capítulo II 27
Marco Situacional y Teórico 27

Marco Situacional 28
Marco Técnico 35
Células Solares 35
Marco Ambiental 44
Marco Legal 47
Costa Rica 47
Chile 48
Estados Unidos 49
China 49
India 50
España 50
Alemania 51
Australia 52
Sudáfrica 52
Emiratos Árabes 53
Estudios previos 53
Marco Político 56
Acontecimientos mundiales 58
Pandemia 66
Crisis de los contenedores 68
Restricciones de China sobre la energía 73
Capítulo III 82
Marco Metodológico 82
Definición del Enfoque 83
Diseño de la Investigación 83
Métodos de Investigación Utilizados 83
Tipo de Investigación 84
Sujetos de Estudio y Fuentes de Información 85
Sujetos de Investigación 85
Fuentes de información 85
Fuentes Primarias 85
Fuentes Secundarias 86
Población y Muestra 86
Tipo de Muestreo 86

Confiabilidad y Validez 87
Instrumentos y Técnicas de Investigación 87
Operacionalización de Variables 88
Capítulo IV 90
Técnicas y proceso para el análisis de resultados 90
Resultados generales 92
Resultados de las variables 92
Observación directa 92
Entrevista 96
Entrevista 101
Probatoria de la hipótesis 105
Capítulo V 106
Conclusiones y Recomendaciones 106
Conclusiones 107
Recomendaciones 109
Capítulo VI 110
Referencias Bibliográficas y Anexos 110
Bibliografía 111
Anexos 114
Entrevista 114

Tabla de Figuras

Figura 1. 33
Figura 2. 36
Figura 3. 38
Figura 4. 39
Figura 5. 42
Figura 6. 44
Figura 7. 77
Figura 8. 78
Figura 9. 80
Figura 10. 95

Tablas

Tabla 1. 88

Capítulo I

Introducción y Propósito

Estado Actual de la Investigación

Introducción

La presente investigación tiene como propósito demostrar la viabilidad del negocio de plantas solares fotovoltaicas como alternativas hacia las energías tradicionales contaminantes. A través de los datos, los cuales resulten relevantes para el desarrollo de esta investigación, se podrá medir la dimensión del negocio de energía solar, y su respectiva influencia en el mercado, y así determinar si resulta un modelo de negocio realmente sostenible a largo plazo, sostenible con el ambiente, financieramente viable, a su vez, si genera riqueza para los países, si la naturaleza técnica de su funcionamiento es lógico y operable, si las empresas, el estado, o las personas físicas muestran interés por el negocio y su respectiva implementación, entre otras variantes que asistan en este estudio.

El planeta tierra y sus recursos se han visto cada vez más deteriorados y limitados, debido a las diferentes actividades económicas, cotidianas, las cuales los seres humanos practican repetitivamente. Estas actividades económicas producen emisiones tóxicas contaminantes para el medio ambiente en sus diferentes formas, ya sea por tierra, por aire, por agua. Si bien, se ha demostrado, que estas emisiones de contaminación afectan directa e indirectamente al ser humano en varias maneras. Temperaturas radicales debido al calentamiento global, las cuales causan una exposición mayor de las personas a los rayos ultravioletas, incendios descontrolados, temperaturas sumamente bajas, la industria de vehículos y las respectivas emisiones de gases contaminantes al aire, los cuales son inhalados por los peatones, son ejemplos puntuales.

Ahora bien, “dejando de lado” la parte que respecta el impacto ambiental y sus efectos, resulta necesario incluir en este estudio la actual crisis energética global y cómo la producción de plantas solares fotovoltaicas puede contribuir a esta llamada crisis energética. Esta crisis energética se produce a raíz que existe un desequilibrio fuerte en la oferta y en la demanda de los productos y servicios correspondientes al negocio de la energía, tales como el petróleo, gas natural, electricidad, entre otros recursos, porque su producción y exportación no es proporcional a la cantidad ofertada, lo que provoca un incremento de los precios de estos recursos.

Asimismo, debemos tomar en consideración, que debido a los efectos de la pandemia de la Covid-19, hubo un des aceleramiento de la explotación, producción y comercialización de estos recursos, y que ahora estos negocios vuelven a operar según se avanza en la reactivación

económica de los países, lo que generó un brusco desequilibrio en la cantidad demandada *vs* la cantidad ofertada, lo cual afecta la elasticidad de la demanda y genera una escasez sobre los recursos mencionados, elevados precios, y relaciones políticamente tensas, las cuales se derivan de esta crisis.

Durante esta investigación, también se tiene como objetivo primordial poder demostrar si realmente el mercado mundial está acoplándose en la actualidad a estas energías renovables, inagotables y sostenibles, de manera que la opción acerca de invertir en plantas solares fotovoltaicas resulte atractiva y rentable. Fuera de la perspectiva de la pertinencia de implementación, en temas de impacto ambiental y en temas de ayuda sobre la crisis mundial energética, se quiere optar también por un estudio, el cual demuestre en la actualidad el porcentaje de mercado que invierte en este negocio. Teniendo así, datos que permitan evidenciar que el negocio es atractivo y rentable, no únicamente en concepto de ayuda al medio ambiente o las crisis energéticas.

Si bien es cierto, los indicadores de tecnología e innovación de los diferentes países varían entre sí, lo que provoca que esta investigación obtenga un contexto global sobre la implementación de las plantas solares fotovoltaicas para tomar en cuenta cuáles son los aspectos más relevantes para producir estas plantas y así definir también cuáles aspectos son los que en economías menos desarrollados podrían carecer y necesitar para su respectiva implementación. Otros factores relevantes tangibles como la mano de obra capacitada, la disponibilidad de la riqueza, el uso adecuado de la tecnología, los índices de innovación, y otros factores intangibles como la cultura del país, las realidades políticas y socioeconómicas y la apertura a nuevas tecnologías, se "irán desarrollando" en la presenta investigación.

Descripción

Las plantas solares fotovoltaicas tienen componentes y un funcionamiento técnico, el cual es imprescindible de aportar al presente trabajo para generar un mayor entendimiento sobre estas plantas y sus beneficios en diferentes áreas, así como los obstáculos que estas plantas solares podrían presentar. Primeramente, la energía como tal, se podría definir como "todo aquello que puede originar o dar existencia a un trabajo" (Secretaría de Energía, 2003, p.4). Desde los inicios de la humanidad hemos obtenido diferentes fuentes de energía, ya sean fuentes primitivas como el fuego, o el uso de los animales domésticos como los caballos y el ganado, después energías como

el carbón, el gas y el petróleo (energías fósiles), que son energías no renovables, por lo que su uso es limitado y se generan gases contaminantes.

Conforme avanza la tecnología e innovación, y se es más consiente sobre los efectos dañinos de las energías fósiles, se ha ido trabajando con energías limpias y renovables que aprovechan los recursos de la naturaleza, y que no emiten gases de efecto invernadero, como lo es la energía solar. A este respecto, se puede definir la energía solar como "…una energía renovable obtenida a partir de la radiación electromagnética del sol. Se trata de una energía renovable porque se obtiene de una fuente natural e inagotable" (Factorenergia, 2021, p. 3). La energía solar proviene del sol, cuyos rayos solares viajan desde el espacio hasta el planeta tierra trayendo calor y luz a través de unas partículas cargadas de energías que se les conoce como fotones.

Para captar estos fotones, a través de las plantas fotovoltaicas, se utilizan paneles solares que se encargan de transformar los fotones en electrones y así producir energía eléctrica. En el momento de colisión de los fotones con el panel solar, se producen electrones, siendo esta colisión el efecto fotovoltaico donde el flujo de electrones que se deriva de esta colisión se le llama corriente eléctrica, después esta corriente eléctrica es dirigida hacia un circuito exterior. Más adelante se detallará la estructura de los paneles solares y la manera en la que logran generan electricidad.

Se entiende que la producción de energía solar es efectivamente sostenible con el ambiente y no genera repercusiones en él precisamente por su funcionamiento y su utilización del sol como componente principal, de manera que no es un recurso del cual se incurre en una explotación del mismo, limitando la cantidad o incidiendo en emisiones tóxicas debido al proceso de transformación que se les da a las energías fósiles, si no el contrario. Esta investigación tiene como propósito describir el negocio de la energía solar, específicamente en dispositivos fotovoltaicos, y como existe la sostenibilidad con el medio ambiente, poder lucrar al mismo tiempo y generar ingresos.

El negocio actualmente está creciendo, y en esta investigación se quiere describir los efectos que tiene sobre las personas, al reducir sus facturas energéticas, crear empleos, vivir de energías limpias, aportar positivamente sobre la crisis de energía mundial actual, estructuración positiva de costos a los países y empresas, entre otros factores, que se expondrán en el desarrollo de esta investigación.

Antecedentes

La utilización de la energía solar se remonta desde el año 400 antes de Cristo en Grecia, lugar del cual, se tiene evidencia de que los griegos fueron los primeros en usar diseños de casas en los cuales se podía aprovechar la luz del sol en forma pasiva, sin embargo, existe evidencia que fueron los romanos quienes utilizaban el vidrio en las ventanas de las viviendas para atrapar la luz del sol en sus hogares, además de haber sido los primeros en construir establecimientos adaptados a recibir luz solar para el crecimiento de plantas o semillas dentro de estos establecimientos, es decir, eran una especie de invernaderos.

En 1839, Henry Becquerel descubre el efecto fotovoltaico, retomando el concepto, se puede describir como un efecto que "… permite transformar directamente energía solar en cualquiera de sus dos manifestaciones, ya sea directa o difusa en una forma eficiente de energía eléctrica continua" JD Mesa 2009 (p. 327). Becquerel descubrió el efecto en una cubeta conteniendo líquidos, en la cual situó los electrodos y al iluminar uno de los electrodos en la cubeta con líquido y descubrió que entre los dos electrodos se generó una diferencia de potencia, de ahí el nombre fotovoltaico, foto refiriéndose a la luz y voltaico de voltios.

Durante más de 100 años, y a partir del descubrimiento de Becquerel se produjeron avances, diferentes dispositivos, cuya finalidad era interactuar con la radiación y generar corriente, tensión o ambas. Uno de los dispositivos que se fabricó durante el primer tercio del siglo XX, fue el de una capa de un material semiconductor, selenio, embutida entre dos electrodos cuando se iluminaba a través de uno de ellos generó tensión y corriente.

A su vez. en el año 1905, fue Albert Einstein, quien describió los principios de funcionamiento de las células solares ganando el Premio Nobel de la Física en 1921, lo que propició el paso para la primera célula solar fabricada en 1954 en los Laboratorios Bell. Un año después en 1955 se lleva a cabo la primera instalación de Teléfonos Bell, un sistema telefónico rural que utilizaba transistores y células solares.

Fue durante la carrera espacial que realmente se dieron las primeras aplicaciones rotundas de las células solares, siendo este el impulsor de la energía solar fotovoltaica durante la década de 1960. Se lanzaron satélites artificiales al espacio, utilizando células solares, siendo el primero el *Vanguard I* en 1958. Gracias a estos avances, se deduce que se le dio un gran impulso al uso de la energía solar como fuentes alternativas de energía para contrarrestar los efectos de la crisis del petróleo en 1973 y 1979, donde sus precios se elevaron bruscamente.

Lamentablemente, adquirir paneles solares era realmente costoso, de manera que existía una limitación a su accesibilidad en lo que respecta al uso doméstico o masivo de la tecnología solar. Por esta razón, se propició la disminución del precio de mercado de los artefactos enfocados en la energía solar, por ejemplo, se inventó la primera calculadora que funcionaba con la radiación del sol. En el momento que el precio de mercado se reduce, se promueve concretamente el uso doméstico de las células solares, así como paneles solares más pequeños para las viviendas. En este orden de ideas, es a partir de este momento, que la energía solar fotovoltaica empieza a ser aprovechada en diferentes sectores, como la agricultura, transporte, diversificación en el uso doméstico (hornos, calefacción), producción y maquinaria, etc.

Al propiciarse el uso doméstico y masivo de los artefactos enfocados en energía solar, se comienzan a construir proyectos más complejos y de mayor impacto en cuanto a esta tecnología. Finalmente, se construye la primera planta solar fotovoltaica en el mundo, la cual fue construida en España en el 2004. La construcción de las plantas solares fotovoltaicas se ha expandido por el mundo y a través de todos los continentes.

Información Existente

Se toman los estudios, proyectos, las tesinas, las investigaciones previas sobre el tema de la energía solar y las plantas solares fotovoltaicas como base para definir precisamente la información existente relevante en esta investigación.

Estudios previos

A través de una búsqueda exhaustiva, se encontró la siguiente tesis escrita en el año 2014 por Gustavo González, Juan Carlos Zambrano y Edison Estrada, Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil, en la cual se plantea un “Estudio, diseño e implementación de un sistema de energía solar en la comuna Puerto Roma de la Isla Mondragón del Golfo de Guayaquil, provincia del Guayas”. El objetivo de la investigación se definió como objetivo principal “Analizar, diseñar e implementar un sistema que permita la utilización de la energía solar para suplir una de las necesidades básicas en la Comuna Puerto Roma”. En la tesis se describe que efectivamente fue posible la implementación del sistema de energía solar en la comuna y que resultó ser una decisión adecuada para el bien de la comunidad.

En el 2015, Lucio Fabricio Basurto Gustines desarrolló el proyecto de Plan de negocios para la creación de una empresa dedicada a la comercialización, instalación y mantenimiento de paneles solares en el área rural del cantón de Santa Lucía, provincia del Guayas, para optar por el grado de Máster en Administración de Economía con mención en Finanzas y Proyectos Corporativos. El objetivo de esta investigación es:

> Determinar la factibilidad en la creación de una empresa dedicada a la instalación de paneles fotovoltaicos en cubiertas casas de haciendas en el Cantón Santa Lucía, Provincia del Guayas. (p. 3).

Para este fin, Lucio Fabricio Basurto decide utilizar una investigación exploratoria y descriptiva para plantear un adecuado método de valoración para las empresas que utilicen el modelo de negocio de la energía solar fotovoltaica. La investigación genera resultados positivos, con una conclusión satisfactoria. A este respecto, el investigador concluye que:

"Se ha estudiado la viabilidad económica y financiera de invertir en energías renovables, y por los resultados obtenidos, se concluye que resulta un negocio de alta rentabilidad. Se ha analizado desde un punto vista conservador, normal y arriesgado en escenario optimista y pesimista desde las 3 variables el número de unidades ofertadas, costos fijos y precios, dado en un escenario normal un TIR y un VAN positivo el cual, da por aceptado el proyecto por viable y factible, ya que la tasa interna de retorno es mayor a la Tasa mínima atractiva de retorno y mayor a la tasa activa referencial. Así también el VAN es mayor que cero, porque económica y financieramente el proyecto debe ser ejecutado con los parámetros antes estudiados. (p. 97).

En el 2019, Soraya Navarro Rayas, José Antonio González Moreno y César M. López Andrade desarrollaron el proyecto de Implementación de un sistema fotovoltaico para la alimentación de un edificio de usos múltiples en la Universidad Tecnológica de la Zona Metropolitana de Guadalajara, para decidir, si es realmente viable proponer el sistema de generación de energía alterna por medios fotovoltaicos y que se pueda ofrecer la capacidad de demanda eléctrica suficiente. El objetivo de la investigación consiste en:

> Implementar un sistema fotovoltaico interconectado a la red, para la alimentación de luminarias en un edificio de usos múltiples en la Universidad Tecnológica de la Zona Metropolitana de Guadalajara, a través del dimensionamiento, diseño e instalación del sistema de paneles fotovoltaicos policristalinos (p .6).

Con esta investigación, Soraya Navarro, José Antonio González y César López buscan contribuir a la reducción del consumo energético por medio de la aplicación de paneles

fotovoltaicos, de manera que se pueda ampliar y coadyuvar a las opciones energéticas necesarias para un edificio de usos múltiples de la universidad para que se impulse mayor seguridad y opciones al no depender de una sola fuente de energía por medio de la captación solar. Posteriormente, en sus conclusiones, determinan que fue posible asegurar los objetivos planteados y fueron alcanzados en tiempo y forma.

En el año 2019 Gregorio Luis Pérez Pita desarrolló el proyecto de Anteproyecto de planta de energía fotovoltaica poli cristalina de 150 MW en Pampa de Arrieros Arequipa - 2017 para optar por el título profesional de Ingeniero Industrial en la Universidad Autónoma San Francisco, Facultad de Ingeniería. El objetivo de esta investigación fue de: "Desarrollar la viabilidad para la construcción de una planta fotovoltaica poli cristalina fija de 150 MW." (p.50).

En este, el autor buscó la comprobación de la viabilidad del presente anteproyecto, del cual, se obtuvo como resultado una generación de 286.515.904 kWh con una inversión de 231 millones de dólares a un precio de 55-60 dólares el megawatt. El resultado provocó que el autor recomendara el uso de energías limpias y renovables, que incentivara a sus lectores a utilizar este tipo de energías para el bien común.

Delimitación del Tema

Aporte del investigador

El aporte de los investigadores consiste en brindar soluciones alternativas eficaces sobre distintas problemáticas actuales, tales como la contaminación ambiental, la crisis energética mundial, tasas altas de desempleo, dependencia de los combustibles fósiles, estructuración de costos, entre otras problemáticas, donde todas estas problemáticas se ven disminuidas en un porcentaje considerable solamente debido a la implementación y producción de las plantas solares fotovoltaicas.

Por lo tanto, resulta pertinente concluir, si verdaderamente el negocio de las plantas solares fotovoltaicas tiene potencial en diversas áreas, de manera que se pueda demostrar, si es un negocio en el cual vale la pena invertir, cuantificando y cualificando sus beneficios, así como los aspectos negativos del negocio. Como investigador, se tiene como propósito crear una consciencia sobre el estado actual del planeta tierra y las acciones que como ciudadanos nos corresponde ejecutar para "amortiguar los golpes" de la contaminación ambiental. No solo se quiere mencionar los aspectos negativos sobre la condición actual del planeta tierra, sino que se tiene como propósito plantear

una alternativa que beneficie al planeta y pueda existir una sostenibilidad con esta alternativa dentro del inmediato hasta el largo plazo.

El aporte de los investigadores no solamente incurre en beneficiar la parte de sostenibilidad ambiental, sino que también quiere presentar otros beneficios significativos que se derivan del negocio de plantas solares fotovoltaicas, como se ha mencionado anteriormente es un modelo de negocio en crecimiento, el cual genera empleo y riqueza, el cual contribuye a disminuir las tensiones sobre la crisis actual de energía y se quiere generar una motivación para hacer crecer todavía más los negocios de energías limpias.

Delimitación Espacial

El trabajo de investigación se lleva a cabo en un contexto internacional, debido a que el negocio de las plantas solares fotovoltaicas se desarrolla extensamente en otros países, de manera que se recolecta más información sobre las necesidades de implementación y los beneficios derivados. Es importante obtener contexto a un nivel global que pueda proveer un entendimiento sobre las condiciones adecuadas para llevar a cabo estos negocios.

Por tal motivo, se contrastarán ciertas economías a nivel mundial, ya que algunas resultan más susceptibles a adoptar estas prácticas de energías renovables, y por supuesto se tendrá en cuenta el contexto nacional costarricense, acerca del uso de estas energías verdes para analizar también su viabilidad en el país y los aspectos más relevantes a considerar.

Delimitación Temporal

Se utilizará como parámetro los datos y la información disponible que demuestren las condiciones actuales del negocio de plantas solares fotovoltaicas, lo más recientemente posible y los datos relevantes más actualizados, de fuentes confiables que puedan proveer certeza sobre la información a recolectar y su debido análisis.

Para efectos la investigación, propiamente, se realizará en el primer cuatrimestre del año 2022.

Objeto de Estudio

El objeto de estudio es el Análisis de la efectividad y viabilidad de los negocios enfocados en plantas solares fotovoltaicas, a nivel global, como solución alternativa a la problemática ambiental y a la crisis energética mundial.

Elemento práctico

Con base en los criterios teóricos surge el análisis de las entrevistas realizadas a los expertos en el tema de la investigación. Adicionalmente, se agrega un análisis que contiene datos relevantes a la viabilidad de la implementación de las plantas solares fotovoltaicas para evaluar la tecnología de la misma.

Elemento teórico

En cuanto a el elemento teórico para el análisis de la información sobre las plantas solares fotovoltaicos, se utilizan algunos conceptos claves tales como la celda fotovoltaica, corriente eléctrica, corriente directa, corriente alterna, los cuales resultan de alta relevancia para el desarrollo del capítulo 4 de la investigación

Formulación del Problema de Investigación

¿Cómo funciona el modelo de negocio de plantas solares fotovoltaicas, con base en los datos e información disponible, para determinar si es una solución alternativa viable a la problemática ambiental y a la crisis energética mundial, durante el I Cuatrimestre de 2022?

Este problema ayudará a comprender y dirigir la investigación en un rumbo que convenga para la organización. La comprensión sobre la dimensión e influencia del negocio de energía sostenible y renovable y su impacto en el medio ambiente, tal como la energía solar, ayudará a definir su viabilidad.

Sistematización del Problema

A continuación, se separa el problema en varias interrogantes, para así poder definir un camino a seguir, además de llegar a posibles soluciones para el problema que se está investigando.

¿Cómo se determina el tamaño y la influencia del negocio de planta solares fotovoltaicas?

¿Qué información del negocio de energía solar va a resultar conveniente para la investigación?

¿Cómo se puede demostrar la viabilidad de la implementación de las plantas fotovoltaicas?

¿De qué forma se puede demostrar que el negocio de plantas fotovoltaicas es una solución alternativa a la problemática ambiental y a la crisis energética?

Estas interrogantes pueden llegar a definir:

Conocer aproximadamente el porcentaje de proyectos e inversiones destinados hacia el negocio de las plantas solares fotovoltaicas.

Acceder a información relevante sobre las implicaciones ambientales, económicas y políticas en las que incide el negocio de la energía solar.

Describir el debido proceso de implementación de la planta fotovoltaica en sus aspectos técnicos y en las condiciones adecuadas.

Demostrar si el negocio es amigable con el ambiente a través de la naturaleza de su técnica y si este negocio apoya positivamente a la crisis energética actual.

Objetivos del Estudio

General

- Analizar el modelo de negocio de plantas solares fotovoltaicas, con base en los datos e información disponible, para determinar si es una solución alternativa viable a la problemática ambiental y a la crisis energética mundial, durante el I Cuatrimestre del 2022.

Específicos

- Determinar el *modus operandi* de las plantas solares fotovoltaicos para un mayor entendimiento del modelo de negocio.
- Indicar los aspectos beneficiosos y las desventajas sobre este modelo de negocio.
- Estimar aproximadamente el valor tangible e intangible del modelo de negocio.

Planteamiento de la Hipótesis

Como lo describe los autores Hernández y Mendoza en el año 2018, “Las hipótesis son explicaciones tentativas del fenómeno o problema investigado formuladas como proposiciones afirmaciones y constituyen las guías de un estudio” (p.124).

En cuanto a el presente estudio de investigación, las siguientes hipótesis se plantearán: hipótesis principal, hipótesis alternativa e hipótesis nula.

Hipótesis Principal

Como hipótesis principal, se plantea que las plantas solares fotovoltaicas podrían funcionar como una solución a la problemática ambiental y a la crisis energética mundial.

Hipótesis Alternativa

El uso de la energía captada por medio de las plantas solares fotovoltaicas ha tenido un impacto considerable para amortiguar los efectos la problemática ambiental y la crisis de energía mundial.

Hipótesis Nula

Las plantas solares fotovoltaicas no podrían funcionar como una solución a la problemática ambiental y a la crisis energética mundial.

Justificación del Estudio de Investigación

Justificación Práctica

Este trabajo de investigación se basa en la necesidad de cooperar con el planeta tierra, mejorar los precios de las facturas de energía de los consumidores, presentar oportunidades de empleo local para así generar ingresos y riqueza. El resultado de esta investigación, la cual se basa en el tema del negocio de las plantas solares fotovoltaicas permitirá, por lo tanto, concientizar a los lectores sobre las elecciones de inversión y desarrollo de negocios y lograr un impacto positivo en el bienestar del planeta tierra y la comunidad.

Justificación Metodológica

En cuanto a la justificación metodológica, para lograr los objetivos propuestos en el presente trabajo, se recurrirá al empleo de técnicas de investigación, de las cuales se puede recopilar, examinar, analizar y exponer la información relevante al desarrollo del trabajo y así "satisfacer" el objetivo principal. Algunas de las técnicas de investigación en las cuales se apoyará el presente trabajo son los estudios de caso, la teoría fundamentada, la investigación bibliográfica, estudios experimentales, entre otras técnicas que sustenten la investigación.

Justificación Teórica

En la presente tesis, se propone investigar la viabilidad sobre la implementación de las plantas solares fotovoltaicas y sus implicaciones en diversos aspectos, en tanto se considera que se debe presentar ante los lectores una concientización sobre las oportunidades de negocio de energía renovable y limpia que propician también condiciones de ingresos atractivas.

Alcances y Limitaciones de la Investigación

Alcances

Se utilizará la información y los datos disponibles sobre diversas ramas. En la parte empresarial se investigará la estructura de costos comparativa entre energías fósiles y energías limpias, de manera que se determina la efectividad de las energías renovables en aspectos tales como financiamiento, mantenimiento, vida útil, costo, inversión, retorno sobre la inversión, entre otros aspectos.

Se utilizará también de ejemplo las empresas que se centralizan en las energías renovables, específicamente energía solar, que coticen en la bolsa para así también determinar el mercado interesado en invertir en este tipo de negocios. Se podrá aproximadamente cuantificar la cantidad de negocios de esta índole a un nivel internacional, que pueda abarcar un porcentaje sobre el impacto de la energía en el mundo y se influencia actual.

Se demuestra un gran interés por conocer las opiniones de los expertos en materia de energías renovables que puedan evidenciar precisamente la naturaleza de su técnica que compruebe la sostenibilidad ambiental y sus efectos en el planeta tierra en el inmediato y largo plazo. También se quiere dar a conocer a los lectores las implicaciones económicas que se derivan de estas prácticas de energía solar fotovoltaica para generar conciencia que es posible ayudar al medio ambiente y lucrar en el proceso.

Asimismo, es importante conocer el nivel de afectación de las energías fósiles actualmente en el globo, para poner en perspectiva la necesidad de las energías limpias, conocer los efectos de la contaminación ambiental actual, el calentamiento global, y cómo nos afecta directamente a los seres humano que habitamos el planeta.

Limitaciones

La información y los datos que se recolecten de algunos países, de la investigación en contexto internacional, no puede ser adaptada a otros países por la disponibilidad de recursos que varían entre las economías más desarrolladas y entre economías que no son tan desarrolladas.

Existen aspectos de confidencialidad de las empresas, lo que genera que no se comparta realmente los datos más exactos sobre las inversiones en el negocio de energía solar y sobre los respectivos retornos de inversión, por lo que podría dificultar la recolección de datos financieramente relevantes que ayuden a determinar la rentabilidad del negocio.

Una de las limitaciones a considerar dentro de la presente investigación, es que en cuanto a las bibliografías y las citas bibliográficas, existe escasa información en cuanto a estudios del tema de plantas fotovoltaicas, por lo que se toman en cuenta los estudios que sí están disponibles.

Capítulo II

Marco Situacional y Teórico

Marco Situacional

Desde los inicios de la humanidad, en sus formas más primitivas, el sol ha sido primordial para la supervivencia humana y para las actividades diarias que incentivaban un orden y una organización en las comunidades, lo que conllevó años después a grandes civilizaciones. Las primeras comunidades de los seres primitivos necesitaban la luz solar para medir el tiempo y así organizar sus actividades, la caza, pesca, recolección de frutos, y el momento en el que debían buscar refugio y protegerse de los depredadores. A través de la historia de muchas civilizaciones y comunidades, el sol era fundamental para las mismas, ya que traía calor, luz y seguridad, protegiéndolos del frío, además que entendieron que, sin el sol, sus cosechas no iban a fructificar.

Las más famosas y grandes civilizaciones inclusive veneraban al sol como un dios, lo que actualmente se denomina como el estudio de la mitología de las antiguas civilizaciones. Hace más de 6000 años, el primer templo dedicado al sol se construyó en la primera dinastía hace cinco mil años en Egipto. Los egipcios no sabían exactamente qué era el sol, sin embargo, podían intuir que era el origen de la vida y es por eso veneraban todas sus manifestaciones y adoptaron en sus creencias un dios del sol, “Ra”, que fue el dios principal de su panteón.

Ra fue primordial para su arquitectura y derivadas construcciones, de sus famosas pirámides, ya que los egipcios aprovecharon los movimientos del sol para crear las pirámides, siendo estas construidas con una alineación casi perfecta y sus caras mirando a los puntos cardinales, pero ¿cómo fue posible? Ricardo Liberato, el 26 de febrero del 2018, explica en un reportaje cómo consiguieron utilizar el sol para crear las pirámides:

En astronomía, los días en los que hay equinoccios -dos veces al año-, el Sol se sitúa en el plano del ecuador celeste. Alcanza el punto más alto en el cielo y su intersección con el plano del ecuador es prácticamente perfecta. Los egipcios pudieron determinar con precisión esa posición solar con un instrumento de la época, el gnomon, una vara que mide el recorrido de su sombra tras clavarla en el suelo, semejante a un reloj solar (Liberato, 2018, p. 2).

Básicamente, los egipcios marcaron los puntos en los cuales la sombra del gnomon iba demarcando a medida que transcurría el equinoccio de otoño y así poder trazar un arco perfecto, una vez trazado el arco, se unían dos de esos puntos y trazaban una línea recta, en la cual se construyeron las pirámides, consiguiendo así alinear sus pirámides con los 4 puntos cardinales con un error de menos de una décima de grado.

Otra de las civilizaciones en las cuales la energía solar fue primordial para su desarrollo, fue la civilización del imperio Inca, los llamados “hijos del sol”, ya que creían el sol era su dios, “Inti” debido a su influencia en la agricultura y lo tomaban como la fuente de cada riqueza. Gracias a la astronomía, específicamente del sol, se crean los calendarios agrícolas y festivos, a través de la observación de los astros, por ejemplo, a partir de los ciclos del sol se determinaba cuándo debía comenzar la siembra y cuándo debía comenzar la recolección.

A través de las observaciones solares, se crea en la civilización el calendario de 12 meses, que surge a partir de la importancia de establecer correctamente la cronología de las celebraciones a realizar en cada periodo del año. El número de días que le otorgaron al calendario inca fue de 30 días, lo que en daría un total de 360 días al año.

También la civilización de los aztecas obtuvo una gran influencia por parte del sol, en aspectos clave tales como la organización de la comunidad y sus actividades en diferentes formas como lo son el calendario y su veneración al sol. Los aztecas establecieron al sol como un dios y una de sus principales veneraciones, donde se creía que eran ellos quienes debían encargarse de que el sol saliese y se ocultase, o sea, del ciclo del sol básicamente.

La civilización inca (1438 – 1533) emprendió en una serie de actos y tradiciones para que el sol pudiese culminar su destino, como cultivar sus cosechas, sacrificios humanos y guerra. Se creó el calendario para establecer precisamente un orden en las actividades mencionadas anteriormente, que ayudara a precisar las épocas de las cosechas y los rituales para que se veneraran los dioses correctamente. El calendario solar es conocido con el nombre *Xíhuitl*, consiste en 365 días de ciclo solar, con un total de 18 meses con 20 días de duración, lo que correspondía a un total de 360 días y en los cinco días restantes se debía hacer penitencias y oraciones para ser perdonados por el dios del sol.

La civilización de la antigua Mesopotamia, hace 4000 años, también utilizó sus diferentes calendarios, a través de la observación astronómica. Se observaron los diferentes astros, siendo uno de los principales es el sol, para así determinar los días de los meses, así como sus nombres respectivos. Al igual que las otras culturas, los calendarios ayudaron a fijar los periodos de tiempo y las estaciones adecuadas para cosechar y obtener éxito en las recolectas para la supervivencia de las comunidades.

Sin embargo, fue la civilización de la antigua Grecia, quienes adoptaron un uso más sofisticado de la energía solar, a través de un entendimiento más completo de las ventajas y los

aprovechamientos del sol. En el año 400 a.C. se observa en la arquitectura de los habitantes donde las casas se adaptaron para recibir los rayos de luz solar, siendo esta actividad los inicios de la arquitectura bioclimática. Los griegos crearon invernaderos, viveros, y otros tipos de construcciones diseñadas específicamente para que los fotones de la energía solar pudieran ingresar dentro de las construcciones.

En la antigua Roma, durante el imperio romano, también se crearon construcciones sofisticadas para el aprovechamiento de la luz solar, utilizando por primera vez en la historia, el vidrio. El concepto de ventanas apareció, en las cuales se utilizaban los vidrios para aprovechar el calor del sol y atraparlo en ellos, incluso se establecieron ciertas regulaciones donde fue prohibido bloquear el acceso a la luz a los vecinos.

Arquímedes, un inventor y científico griego, promulgó la creación de un invento, en términos de ciencia ficción, donde aprovechaba la luz solar para prender fuego a los barcos enemigos, donde se utilizaban espejos para concentrar la radiación solar en los mismos apuntando hacia las flotas enemigas. Básicamente, fue este suceso que inspiró a Lavoisier en crear su primer horno solar en 1792. Antoine Laurent de Lavoisier fue un noble francés y un químico, nacido en París en 1743, creó el primer horno solar sobre ruedas que consistente en dos potentes lentes que concentraban la radiación solar en un foco, y esto permitía que se alcanzara altas temperaturas, al punto de derretir metal.

La energía solar térmica, que es el antecedente de la energía solar fotovoltaica, aparece puntualmente en el año 1767 con Horace Bénédict De Saussure. Horace nace el 17 de febrero de 1740 en Geneva, Suiza, quien luego se convierte en geólogo y físico y se considera la primera persona en construir el primer horno solar exitoso. En 1767 crea el heliotermómetro, cuya función del aparato, entre otras cosas, era medir la radiación solar. El aparato fue un inicio para que con el paso del tiempo se evolucionara hasta las herramientas actuales.

Además del heliotermómetro, Horace también creó un captador solar térmico, también conocido como el colector solar. El colecto solar se puede definir como "…un componente de una instalación solar térmica. Un colector solar es un tipo de panel solar encargado de capturar la radiación solar y transformarla en energía térmica." (Oriol Planas, 2015, p. 1).

Después en 1865, Auguste Mouchout crea el primer aparato que podía generar energía mecánica a partir de la energía solar. Mouchout fue un inventor francés nacido en Semur-en-Auxois el 7 de abril de 1825 y que a través de sus estudios y preparación crea este aparato, el cual

consistía en generar vapor mediante un colector solar y así poder mover un motor mediante su presión. Mouchout también creó otro invento dentro de la misma índole de energía solar, que fue una cocina que tenía un depósito el cual estaba cubierto de vidrio y este era expuesto al sol, donde del lado que no se exponía al sol, se encontraba un espejo cilíndrico parabólico para reflejar la radiación solar. Por último, crea una imprenta que funcionaba mediante la captación de energía solar.

Por su parte, en 1874, 82 años después de la creación del horno solar, Charles Wilson, un inglés quien desarrolló una instalación en el desierto de Atacama. Esta instalación ubicada en Chile consistía en destilar agua marina, y la central solar tuvo la capacidad de desalinizar un promedio de 22.500 litros de agua todos los días, siendo esta planta otra aparición de la energía solar térmica. Sin embargo, podemos devolvernos 36 años en 1838 cuando por primera vez en la historia aparece la energía solar fotovoltaica.

El físico francés que descubre por primera vez la energía solar fotovoltaica es Alexandre Edmond Becquerel en 1838, y la descubre a través de su efecto fotovoltaico. Becquerel nace en París el 24 de marzo de 1820, quien basó sus estudios en el espectro solar, el magnetismo, la electricidad y la óptica. ¿Qué es el efecto fotovoltaico que descubre el francés? Se puede definir como:

El efecto fotoeléctrico caracterizado por la producción de una corriente eléctrica entre dos piezas de material diferente que están en contacto y expuestas a la luz o, en general, a una radiación electromagnética. El efecto fotovoltaico consiste en convertir la luz solar en energía eléctrica por medio de las células fotovoltaicas. (Oriol Planas, 2015, p.1)

En otras palabras, el efecto fotovoltaico ocurre cuando un material semiconductor es expuesto a la luz solar, aumentando así el movimiento de sus electrones, al haber más movimiento de los electrones el voltaje los mueve en una dirección concreta generando así una corriente eléctrica. Un material semiconductor (donde ocurre el efecto fotovoltaico) es un elemento que puede comportarse como un conductor de energía o como un aislante, dependiendo de factores tales como el campo eléctrico o magnético, radiación, temperatura, presión, entre otros. Algunos ejemplos de materiales semiconductores son silicio, germanio, azufre, oxígeno, selenio, aluminio, entre otros.

Entonces, el descubrimiento de Becquerel se basó en un experimento con una pila electrolítica, o sea una pila donde hay electrolitos "…sustancia que al disolverse en agua, da lugar

a la formación de iones. Los electrolitos pueden ser débiles o fuertes…" (CIQUIME p. 1) Los iones son partículas cargadas de electricidad, entonces cuando se "habla" de formación de iones, se habla de formación de partículas cargadas de electricidad, que pueden tener una carga positiva (cationes) y una carga negativa (aniones) que provienen de los electrolitos. Algunos ejemplos de electrolitos son sodio, potasio, calcio, cloruro, bicarbonato, fósforo, magnesio, entre otros.

Esta pila electrolítica contaba además con electrodos de platino, donde la etimología de la palabra electrodo se compone del prefijo electro, que hace referencia a la electricidad, y de la palabra griega hodós, que se traduce como camino, siendo la interpretación final "camino de la electricidad" y platino es un elemento químico. El electrodo se puede definir como:

> Extremo de un conductor eléctrico que recibe una corriente eléctrica de un medio o que se la transfiere al mismo. Los electrodos entablan contacto con electrolitos, semiconductores, gases y otros elementos que no son metálicos. Los electrodos se encuentran en celdas electroquímicas. Pueden ser ánodos (electrodos positivos, donde tiene lugar una reacción de oxidación y se produce una pérdida de electrones) o cátodos (electrodos negativos, registran una reacción de reducción y se genera una ganancia de electrones). Según el voltaje aplicado a la celda, un electrodo actúa como cátodo o como ánodo (Pérez 2021, p.1).

Becquerel sumergió esta pila electrolítica en una sustancia de las mismas propiedades, y observó que, al momento de exponer la pila a la luz solar, se generaba más electricidad, de manera que descubrió la conversión de la luz solar en energía eléctrica. Este descubrimiento fue el antecedente para que el inglés Willoughby Smith descubriera el efecto fotoeléctrico en sólidos. Smith nace en Norfolk el 6 de abril de 1828 y fue un ingeniero eléctrico, quien realizó un descubrimiento importante el cual le "dio paso" a la invención de las células fotoeléctricas.

El descubrimiento del efecto fotoeléctrico en sólidos se realizó en 1873 en este caso fue el selenio. El efecto mencionado puede definirse de la siguiente manera:

Cuando la luz brilla en un metal, los electrones pueden ser expulsados de la superficie del metal en un fenómeno conocido como el efecto fotoeléctrico. También, a este proceso suele llamársele fotoemisión, y a los electrones que son expulsados del metal, fotoelectrones. En términos de su comportamiento y sus propiedades, los fotoelectrones no son diferentes de otros electrones. El prefijo foto simplemente nos indica que los electrones han sido expulsados de la superficie de un metal por la luz incidente (Khan Academy, p.1).

A partir del descubrimiento del efecto fotoeléctrico en el selenio, fue que se creó la primera célula fotovoltaica de selenio. En 1877 un profesor de filosofía natural en la universidad de King

College en Londres, William Grylls Adams, junto con su alumno Richard Evans Day, presentaron un artículo a la Royal Society titulado “La acción de la luz en el Selenio” y crearon la primera célula fotovoltaica de selenio al descubrir que cuando el selenio era expuesto a la luz, generaba electricidad.

Seis años después, en 1883, se consigue al fin materializar y poner en práctica el efecto fotovoltaico al crearse la primera celda solar, marcando concretamente el origen de las actuales placas solares y plantas fotovoltaicas. Charles Fritts, nació en Boston en el año 1850, y a sus 33 años, se basa en el descubrimiento de William Grylls Adams para construir la primera celda solar. Fritts utilizó el selenio como semiconductor con una delgada capa de oro de la siguiente manera.

Fritts construyó una caja de vidrio con una lámina de selenio entre dos capas metálicas, de las cuales la lámina superior era bastante fina y de oro, mientras que la lámina inferior era de sustrato metálico de latón. Al momento de exponer la caja a la luz solar, los electrones del material semiconductor (el selenio) se movían a través del selenio y generaban una corriente de energía que salía por un cable que estaba situado en uno de los extremos de la caja. El ingeniero alemán Werner Von Siemens presentó el proyecto de Fitts ante la Real Academia de Ciencias de Prusia y declaró se presentó por primera vez en la historia, la conversión directa de la luz solar en energía eléctrica. *Figura 1.*

Primera Celda Solar - Charles Fritts

Nota: Esta figura corresponde a una celda solar, fuente: Sacyr, Antonio López.

La figura ilustrada hace referencia al invento de la primera celda o célula solar la cual fue creada por Charles Fritts, como se mencionó anteriormente. El hombre en la imagen es Fritts y el objeto es la celda solar inventada por él.

Albert Einstein, físico alemán nacido en Ulm el 14 de marzo de 1879, decide investigar y estudiar más fondo este descubrimiento de Fitts, por lo que realizó una investigación en 1905 que fue titulada “Sobre un punto de vista heurístico relativo a la producción y transformación de la luz”, fue precisamente por esta investigación que Einstein ganó el Premio Nobel de Física de 1921. En su trabajo, básicamente describía que los electrones pueden ser arrancados de un metal por los fotones de la luz violeta, una luz de alta frecuencia, y así producir una corriente eléctrica.

En 1946, el inventor estadounidense Russel Ohl, procedió a patentar las primeras células solares de silicio, sin embargo, la cantidad de electricidad obtenida a partir de estas primeras células solares era muy reducida. Por este motivo, se crea una célula fotovoltaica de silicio más eficiente, que permitía se le diera un uso más práctico a esta célula nueva. Gerald Pearson, físico estadounidense, de los Laboratorios Bells, fue quien realizó esta creación más eficiente junto con Calvin Fuller y Daryl Chapin.

A nivel comercial, las primeras células solares que se mercadearon fueron en el año 1957, utilizándolas en los satélites espaciales. En este entonces, se situaba el hecho histórico de la Guerra Fría (1945 – 1989) y existía la carrera espacial entre Estados Unidos y la Unión Soviética, por lo que las células solares eran utilizadas en los satélites de las dos naciones. El primer satélite en utilizar las células fotovoltaicas se llamó “Explorer 1” y se lanzó en febrero del año 1958.

Sin embargo, el costo de adquisición de los paneles solares era realmente costoso y no era accesible para el consumo masivo, por lo que en 1970 el precio de mercado descendió aproximadamente en un 80% cuando aparece la primera calculadora funcionando con la energía solar, lo que propició concretamente el uso doméstico de las células solares, así como paneles solares más pequeños para las viviendas. Es a partir de este momento que la energía solar fotovoltaica empieza a ser aprovechada en diferentes sectores, como la agricultura, transporte, diversificación en el uso doméstico (hornos, calefacción), producción y maquinaria, etc.

Una vez que el uso de los paneles solares se volvió más comercial, se empezaron a desarrollar proyectos mucho más grandes alrededor del mundo, tales como las plantas solares fotovoltaicas. En América, la primera planta solar fotovoltaica se inauguró en Chile en el desierto de Atacama, considerado el desierto más árido y seco del mundo donde recibe uno de los mayores niveles de radiación solar del mundo. La planta solar, inaugurada el 8 de junio del 2017, cuenta con 10.600 heliostatos (espejos) de 140 metros cuadrados y 3 toneladas cada uno, 392.000 paneles

solares y una torre de 250 metros de altura, ocupa 1.000 hectáreas y genera una capacidad de 210 megavatios de energía limpia.

En el mundo, la primera central solar en explotarse comercialmente se construyó en España, a unos 18 kilómetros al oeste de Sevilla, iniciando su construcción en el 2004 e inaugurando la planta 3 años después en el 2007, sin embargo, su producción per se empezaría en el año 2013. La construcción de las plantas solares fotovoltaicas se ha expandido por el mundo y por todos los continentes.

Marco Técnico

Células Solares

Es necesario abarcar la parte técnica del funcionamiento de las plantas solares fotovoltaicas para obtener un entendimiento robusto y completo de las condiciones positivas que estas plantas solares presentan para el planeta tierra, de manera que sean consideradas como una solución alternativa a la problemática ambiental.

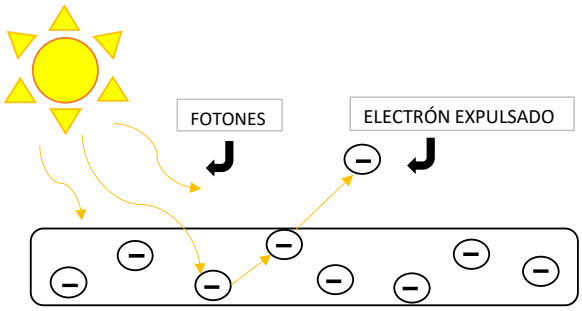
Anteriormente, se entró en materia teórica con ciertos conceptos fundamentales para entender en primer lugar el funcionamiento de las celdas solares. Retomando los conceptos mencionados anteriormente, surgen los conceptos del efecto fotovoltaico y del efecto fotoeléctrico, donde el efecto fotoeléctrico se encarga de la producción de electrones libres mientras que el efecto fotovoltaico produce una corriente eléctrica a partir del movimiento de los electrones libres.

Efecto Fotoeléctrico. Retomando más detalladamente el concepto del efecto fotoeléctrico, es el proceso mediante, el cual se liberan electrones de un metal debido a la emisión de los fotones de la luz solar sobre el metal, la luz solar produce radiación electromagnética (fotones). Cuando los fotones llegan al metal, le proveen energía a los electrones de los átomos de dicho material, entonces los electrones adquieren una energía superior, siendo esta energía lo suficientemente potente para permitirles a los electrones del metal abandonar su átomo y dejar un hueco en su átomo, de manera que estos electrones salen expulsados del metal a una velocidad dependiente de la frecuencia de la radiación solar reciba, entre más se aumenta la frecuencia, más rápido sale expulsado el electrón, y entre más intensa sea la cantidad de radiación, provoca un mayor número de electrones expulsados.

A continuación, una figura donde se ilustra el efecto fotoeléctrico. En la figura se puede visualizar una barra de metal, que contiene electrones, y este es expuesto a la luz solar la cual emite

fotones. Una vez que los fotones alcanzan el material semiconductor (la barra de metal), se puede observar que los electrones son expulsados del metal por la excitación que les provoca los fotones: *Figura 2.*

Efecto Fotoeléctrico



Nota: Esta figura se refiere a el efecto fotoeléctrico. Elaboración propia

Efecto Fotovoltaico. A partir del efecto fotoeléctrico, es que surge el efecto fotovoltaico, de manera que no puede existir dicho efecto sin el fotoeléctrico. El efecto fotovoltaico es el proceso mediante el cual se genera una diferencia de potencial en un material semiconductor cuando se expone a la radiación solar. En el efecto fotoeléctrico, según se mencionó anteriormente, por un lado, se obtienen electrones libres (electrones expulsados) los cuales obtienen un comportamiento de carga negativa y por otro lado están los huecos que dejan estos electrones al ser expulsados que obtienen un comportamiento de carga positiva. Esta diferencia de cargas en un material semiconductor, como el silicio, por ejemplo, provoca la creación de un campo eléctrico, siendo el silicio el elemento utilizado en las células solares para la creación de las plantas solares fotovoltaicas.

Con el efecto fotovoltaico, es que procedemos a explicar el funcionamiento de los paneles solares. El panel solar o también conocido como el módulo fotovoltaico está compuesto por células fotovoltaicas, estas a su vez están compuestas por una capa delgada de electrones libres, material conocido como “n” (zona la cual es iluminada), y por otra copa de mayor grosor de material tipo “p” (hueco disponible).

En la capa superior tipo “n” se inyectan pequeñas cantidades de impurezas de un material pentavalente, que son los elementos fosforo, arsénico y antimonio, por ejemplo. Pentavalente, lo cual significa que el material tiene valencia 5. Cuando se habla de valencia en términos de la química, hace referencia a los electrones de valencia, estos electrones son especiales porque se

encuentran en la última capa electrónica de la composición química del elemento de manera que son los responsables de intervenir en una reacción química. Entonces, el material pentavalente (fosforo) es un material que tiene valencia 5, o sea, que tiene cinco electrones en su última capa de energía que se van a encargar de la reacción química.

En la capa inferior “p” se recibe un dopaje con impurezas de un material trivalente, que tiene valencia 3 (3 electrones en la última capa de energía), en este caso el boro, aluminio y galio, por ejemplo. En la capa “n” el quinto electrón de valencia del fosforo, queda sin emparejar, es decir, que queda libre para conducir electricidad. En la capa inferior “p”, el boro tiene valencia 3 en vez de 4, entonces el espacio vacante recibe el nombre de “hueco” o sea que puede permitir que otro electrón pase por ese hueco.

Las dos capas “n” y “p” son hechas a base de silicio (cristalino), elemento que es cuadrivalente, o sea que tiene valencia 4, y al ser 4, se emparejan y van a generar los enlaces covalentes con los átomos a su alrededor. Entonces, a la capa “n” (hecha de silicio) se le añade un elemento pentavalente, que tiene valencia 5, de los cuales cuatro se destinan a ser los enlaces covalentes con el silicio (porque el silicio tiene 4 electrones de valencia) y quede uno libre que actúa como un semiconductor negativo ya que quedó libre. Se requiere ahora de un semiconductor positivo, por lo que se le agrega a la capa “p” (hecha de silicio) un elemento trivalente. El silicio tiene valencia 4, por lo que si agregamos el elemento boro (trivalente), se va a unir al silicio con tres electrones de valencia, y si el silicio tiene 4, entonces queda un hueco, comportándose este hueco con carga positiva.

Ahora bien, ¿qué pasa cuando el material se expone a la radiación solar? Algunos de los electrones que se encuentran en la capa “n”, al ser agitados por la luz solar, se van a mover hacia los “huecos” de la capa “p” a través de una rejilla conductora y los van a ocupar, dejando huecos en la capa “n”. Cuando los electrones se mueven hacia los huecos de la capa “p”, dejan una carga negativa en la capa “p” mientras que el lado “n” queda con carga positiva. Al existir una carga negativa y una carga positiva, se crea un campo eléctrico que genera una tensión de unas cuantas décimas de voltio entre los dos lados del campo eléctrico, este campo eléctrico se le conoce como zona de deplexión.

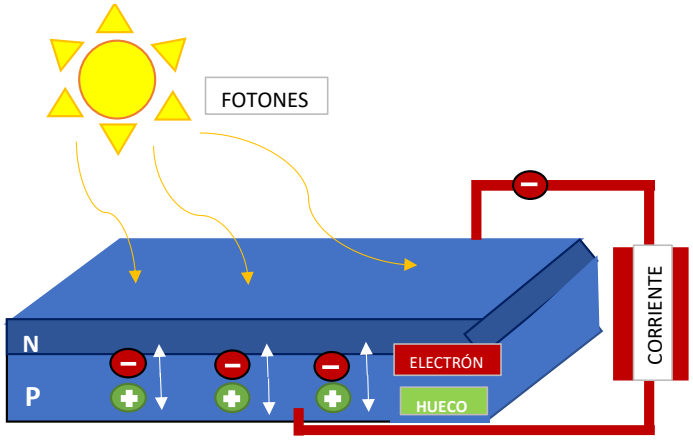
Para que ocurra el efecto fotovoltaico, los fotones emitidos por la luz solar deben ser capaces de llegar a la zona de deplexión, o campo eléctrico, y para ello, la capa “n” debe fabricarse

con un espesor delgado. Si un fotón alcanza la zona de deplexión puede comunicarle su energía a un electrón, extrayéndolo del átomo donde se encontraba y dejando un hueco tras de sí.

Donde estas capas se unen, es donde se encuentra el campo eléctrico. También se coloca un conductor externo que pueda conectar la capa negativa a la positiva, para así aumentar el movimiento de los electrones y generar corriente eléctrica desde la zona p a la zona n.

Figura 3.

Efecto Fotovoltaico



Nota: Esta figura se refiere a el efecto fotovoltaico. Fuente: Elaboración propia

En la imagen se puede contemplar la explicación desarrollada sobre el efecto fotovoltaico, de manera que se pueden visualizar las dos capas N y P y la unión entre ellas. Se observa también que, debido a la recepción de los fotones, los electrones (en rojo) se ven excitados y dejan huecos (en verde) de manera que se genera corriente al tener las dos cargas negativa y positiva.

Tipos de Células Solares Fotovoltaicas. Existen varios tipos de células solares fotovoltaicas, que resultan diferentes entre sí, debido a los materiales semiconductores que se utilicen para crearlas. Los paneles solares varían según la fabricación de las células, fundamentalmente son las de silicio monocristalino, policristalino y amorfo. Las del monocristalino se obtienen del silicio puro fundido y dopado con boro y son actualmente las más utilizadas, tienen un costo elevado, debido a su alto porcentaje de rendimiento de un 15 a un 18%. Estas células presentan mayor vida útil y funcionan mejor con baja radiación solar, sin embargo, desperdician más silicio por el proceso de fabricación ya que los bloques cilíndricos deben ser recortados.

Las células de silicio amorfo son más económicas, debido a que el espesor de las células es 50 veces más delgado que las del monocristalino, entonces al usar menos cantidad de material, su fabricación resulta más económica y presentan un grado alto de absorción, sin embargo, su rendimiento es menor al 10% y obtienen un grado considerable de degradación hacia el sol, por lo que usa para calculadoras o relojes.

Las células de silicio policristalino se asimilan a las de monocristalino en cuanto a su proceso de fabricación, sin embargo, es más económico, ya que no necesita un control tan estricto de temperatura en la etapa de enfriamiento y además en su fabricación se vierte el silicio en moldes cuadrados por lo que no es necesario recortarlos, sin embargo, su rendimiento es menor, de 12 a 14%.

Figura 4.

Tipos Células Solares

Nota: Esta figura se refiere a los tipos de células solares. Fuente: Marcela Becerra, Inlae.

Existen otros tipos de células fotovoltaicas como las células de arseniuro de galio, de sulfuro de cadmio y sulfuro de cobre y las células bifaciales. Estas últimas, como la misma palabra lo describe, tienen dos caras recibiendo la radiación de la luz solar, de manera que tiene como objetivo final el aumentar la generación de la energía total. Normalmente, presentan una mayor vida útil porque ambas células reciben la energía solar, es decir, que no se recarga solamente a una sola. Los paneles solares bifaciales son fabricados con una lámina posterior transparente o de vidrio templado doble, y estos normalmente están compuestos por células monocristalinas, aunque también se puede utilizar las células policristalinas. Sin embargo, al tener un mayor rendimiento que el de las células monofaciales, sus costos de producción resultan elevados y por ende su precio en el mercado, motivo por el cual estas células no se usan normalmente.

Las células de arseniuro de galio utilizan precisamente el arseniuro de galio como semiconductor y puede funcionar como un sustituto sobre el silicio de manera que puede ofrecer el doble de eficiencia, obteniendo así hasta un 28% de rendimiento en su versión monocristalina. La razón por la cual el arseniuro de galio puede ofrecer un mayor rendimiento, es porque cuando se dan las condiciones apropiadas (exposición del semiconductor a la luz solar), la movilidad de sus electrones es mucho mayor que la del silicio, aumentando la capacidad de transportar carga eléctrica. Al proveer un rendimiento más alto, se eleva el precio de fabricación también.

Por último, las células de sulfuro de cadmio y sulfuro de cobre ofrecen un rendimiento muy bajo de apenas de un 5%, además presentan una vida útil muy corta respecto a la degradación de la célula cuando es expuesta la radiación solar. Se usa poco material, por lo que el proceso de producción resulta menos complejo y por ende su precio de fabricación y su precio de mercado resultan relativamente bajos también.

Paneles Solares Fotovoltaicos. Una vez explicado el funcionamiento de las células solares, sus características y los tipos existentes procedemos a describir los paneles solares que en conjunto forman una planta solar fotovoltaica. Estos paneles solares fotovoltaicos, o módulos fotovoltaicos, están compuestos por las células solares mencionadas anteriormente, siendo la célula solar más común la de silicio monofacial.

El panel fotovoltaico está compuesto aproximadamente por unas 60 células fotovoltaicas, sin embargo, es un número aproximado ya que puede variar dependiendo el criterio de cada productor, y el grosor aproximadamente mide unos cuatro centímetros, pero nuevamente, esta medición puede variar según el proceso de fabricación. Estas células fotovoltaicas miden aproximadamente 10 centímetros cuadrados, donde son unidas a través de una plancha y que se recubren con un plástico que se le llama EVA.

Las siglas EVA provienen del producto Etileno Vinil Acetato, este material es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno y acetato de vinilo. Primeramente, la palabra polímero se deriva del griego “poli” que quiere decir muchos y de “meros” que quiere decir partes, resultando en la interpretación “muchas partes”. El polímero es una substancia que consiste en moléculas grandes (macromoléculas) y que están compuestas por varias subunidades repetitivas. Ahora bien, cuando se habla de polímero termoplástico, se refiere a los materiales plásticos que son capaces de deformarse o flexibilizarse a altas temperaturas gracias a sus propiedades físicas.

Ahora bien, el etileno es un hidrocarburo en forma gaseosa incolora que es utilizado es la industria química para la producción de plásticos, y el acetato de vinilo es un compuesto orgánico en forma líquida transparente e incolora. Entonces, el polímero termoplástico EVA está conformado por estas unidades repetitivas de etileno y de acetato de vinilo ya que pueden aguantar condiciones de temperaturas extremas. El termoplástico EVA, es importante porque tiene buena transmisión de la radiación solar y no se degrada ante los rayos ultravioletas, también protege al panel de los agentes atmosféricos como la humedad, por ejemplo.

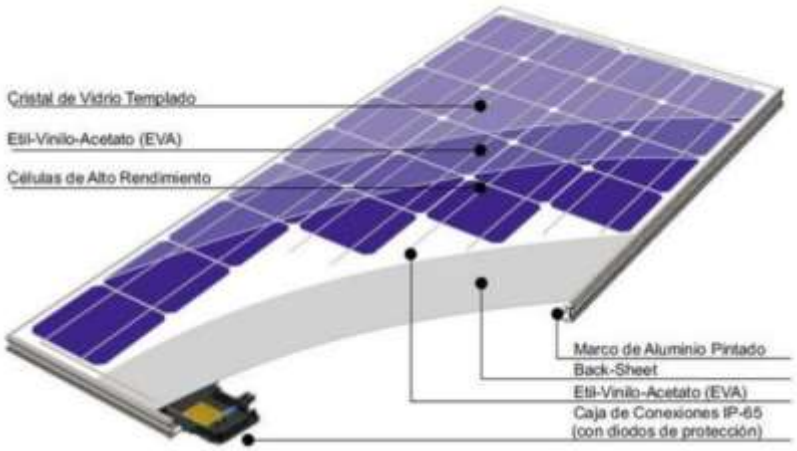
El panel fotovoltaico estándar mide en promedio 1 metro de ancho, 1,7 metros de largo o alrededor de 1,7 metros cuadrados, pesando alrededor de 18 kg con 4 centímetros de espesor. Sin embargo, se reitera que estas mediciones pueden ser alteradas según el fabricando del módulo fotovoltaico, por ejemplo, existen de 0,8 kg.

Los paneles están compuestos además por una cubierta exterior de vidrio templado, este resistente y permite el paso de la radiación solar, siendo su función principal la de proteger todos los componentes. También cuenta con un marco de soporte, este es de aluminio anodizado o también de acero inoxidable. Cuando se habla de anodizado, se refiere a el proceso electrolítico de pasivación empleado para incrementar el espesor de la capa de óxido en la superficie de piezas metálicas (Hatch 2019, p.1). En otras palabras, es un proceso realizado en el aluminio, mayormente superficial, que busca generar una capa de óxido de aluminio. El proceso de generar la capa se denomina electrolítico y provee beneficios como generar mayor protección que aumenta el aislamiento eléctrico, protege contra la corrosión, contra el desgaste del tiempo, entre otros.

También, los paneles fotovoltaicos cuentan con contactos eléctricos que se pueden ubicar en la parte posterior del módulo en una caja para protegerlos de agentes atmosféricos, estos son cables de cobre que se encargan de recolectar la energía que entrega el módulo.

Figura 5.

Panel Solar o Módulo Fotovoltaico



Nota: Esta figura se refiere a el panel solar. Fuente: Componentes de un panel solar fotovoltaico, Eliseo Sebastián.

De acuerdo con la figura anterior, se puede visualizar el Etileno Vinil Acetato, encargado de recubrir a las células fotovoltaicas, el vidrio templado, encargado de proteger todos los componentes del panel y que abre el paso a la radiación solar, las células solares o también conocidas como células de alto rendimiento, el marco de soporte de aluminio anodizado y también se puede visualizar la caja de conexiones, donde se recolecta la corriente de energía.

En cuanto a la unidad de energía que estos paneles solares producen, podemos describir su capacidad de generación eléctrica con Wp o kWp, sus iniciales hacen referencia a Watt peak o Watt potencia, kilo Watt peak o kilo Watt potencia. El Watt peak es la potencia nominal para el panel solar, es la unidad de medida de referencia, y expresa potencia eléctrica suministrable por el módulo. Por ejemplo, podemos describir un panel solar con las siguientes medidas de 1.650 × 992 × 40mm de alto por ancho por profundidad respectivamente, el cual cuenta con 60 células fotovoltaicas y produce una potencia de 275Wp.

Un panel solar típico puede proporcionar entre 250W y 300W de energía, sin embargo, también es cada vez más habitual observar paneles en condiciones domésticas que pueden proporcionar hasta 500W de energía, así como también existen paneles con mucha menor capacidad energética de 150W, por ejemplo. Ahora en términos de tiempo, un panel solar de 300W puede producir 547 kWh al año, o sea, que produce diariamente 1,5 kWh al día.

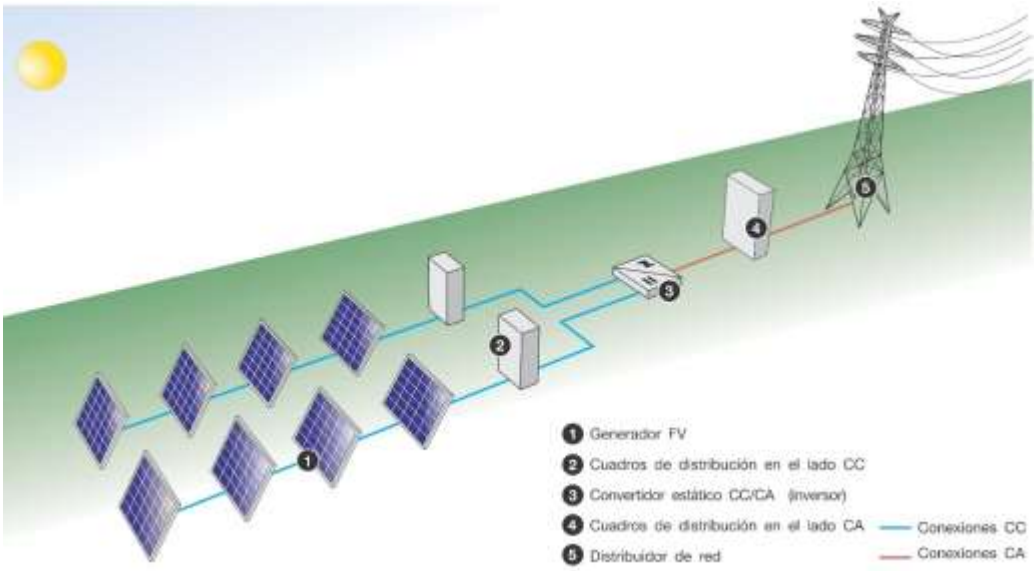
Cuando la luz solar emite su radiación sobre el panel, y se genera la corriente eléctrica a través de los materiales semiconductores, la corriente que se genera se le denomina corriente directa (DC). Existen dos tipos de corrientes; la DC y la corriente alterna (AC). La corriente alterna es la corriente utilizada en la mayoría de los dispositivos electrónicos que utilizamos todos los días como la televisión, la computadora, refrigeradores, etc. La corriente directa fluye en una sola dirección, se "moviliza" de una terminal directamente a otra terminal, en cambio, en la corriente alterna los electrones se alterna fluyendo hacia delante y hacia atrás constantemente, por eso su nombre, porque la dirección es alterna.

Por tal motivo, se requiere convertir la corriente directa de los paneles solares a corriente alterna, para poder utilizarla en los dispositivos electrónicos. Se conectan entonces los paneles solares a dispositivos que se les llama inversores, son estos lo que provocan la conversión de corriente directa a corriente alterna. El inversor es el banco de transformadores y capacitadores. El cable de cobre es la vía en la que se transporta la energía directa desde el panel solar hasta los transformadores, de manera que se transporta la carga negativa hasta el inversor.

Una vez que el inversor/transformador recibe la carga negativa por medio del cable de cobre, convierte la corriente directa a corriente alterna, después esta corriente alterna sale en tractos de 110 voltios de flujo de corriente cada uno, y van a unos transformadores/capacitadores que se ubican en los puntos de recepción y conexión de corriente a las líneas primarias de abastecimiento, entonces la energía ya entró al flujo principal de corriente y puede llegar a los *breakers* de energía de cada casa y demás establecimientos.

Figura 6.

Recibimiento Corriente Alterna a los Hogares



Nota: Esta figura se refiere al funcionamiento de la planta fotovoltaica. Fuente: Global Electricity on WordPress.com

Como se mencionó anteriormente, se puede visualizar primeramente los módulos fotovoltaicos, encargados de generar el efecto fotovoltaico, seguidamente se puede observar que, a través de las conexiones, la energía directa es almacenada y está lista para pasar al inversor, el cual se encarga de convertir la energía directa a energía alterna. Por último, una vez obtenida la energía alterna, pasa al distribuidor de red, encargado de distribuir la energía a los diferentes establecimientos.

Marco Ambiental

A continuación, se desarrollarán las principales ideas sobre el impacto ambiental en las que las plantas solares fotovoltaicas inciden, ya sea un impacto positivo o negativo dependiendo de las variables más relevantes a considerar para el desarrollo de las mismas. Se tomarán en cuenta los aspectos de todo lo que conlleva una producción y construcción de las plantas solares fotovoltaicas, aspectos tales como el uso de suelo, logístico, uso de agua, biodiversidad, hábitats naturales, residuos, entre otros.

Primeramente, debemos tomar en cuenta que los paneles solares fotovoltaicos están hechos de componentes y elementos que perjudican al medio ambiente, aparatos electrónicos, cables,

sustancias peligrosas, reacciones químicas, sus celdas fotovoltaicas, etc. La vida útil de los módulos fotovoltaicos ronda entre los 25 y 30 años, es decir, que eventualmente, el panel deberá ser removido de la planta fotovoltaica ya que culminó su vida útil y no funcionará más, debido a su degradación en cuanto a la exposición a la radiación solar, así como sus componentes eventualmente dejarán de funcionar.

Al remover el panel solar de la planta fotovoltaica, se convertirá en residuos y desechos que resultan contaminantes para el medio ambiente, y por su composición, son objetos difíciles de reciclar. Según un estudio de la Organización de Naciones Unidas, para el año 2050 se estima que los proyectos en general enfocados en las energías renovables van a generar 78 millones de toneladas métricas de basura electrónica, entre estos proyectos de energía renovable, evidentemente se encuentre la energía solar. En este orden de ideas, se inserta en las agendas políticas de los gobiernos, así como en las agendas de las empresas, la necesidad de un plan de reciclaje para este tipo de residuos y así mitigar sus efectos.

Las construcciones de las plantas solares provocan afectación también en el uso de suelo de la propiedad en la que se desarrolla el proyecto. Estos proyectos a gran escala podrían afectar los usos de los suelos al deforestar una zona para la construcción, causando así la pérdida de hábitat natural. Las localizaciones de los proyectos no pueden ser compartidas, o sea, de uso mixto, esto es debido al modelo de negocio en el que incide electricidad y donde existen componentes muy delicados tales como los inversores, cables de cobre, entre otros materiales considerados peligrosos.

Sin embargo, el tema del uso de suelo puede ser mitigado y reducido a través de una selección cuidadosa del área para desarrollar el proyecto. Existen áreas degradadas que necesitan más bien una intervención para poderse recuperar, o terrenos de poco valor, de modo que, si se selecciona adecuadamente la zona para construir la planta fotovoltaica, podría reducir los riesgos de las implicaciones de la construcción respecto al uso de suelo.

También es importante considerar que para los proyectos que impliquen menos de 1 MW (mega watt), los efectos del uso de suelo no son significativos. Se debe de considerar que el uso de los recursos naturales para la construcción del panel solar, si el área elegida para el proyecto resulta rica en flora y fauna, va a existir afectación sobre la zona es aspectos como el desplazamiento de animales y diferentes especies, la tala de árboles y sus efectos derivados, asimismo, se podría afectar el drenaje natural, erosión, entre otros. Sin embargo, la energía

eléctrica convencional incide en la destrucción de ecosistemas por la construcción de refinerías o plantas nucleares, entonces la energía renovable disminuye estas actividades que perjudican al medio ambiente.

Mencionado el tema de los recursos naturales utilizados para el proyecto, obtenemos elementos vitales para el funcionamiento de las células solares. El elemento más utilizado e importante para el proyecto es el silicio, también el arseniuro de galio puede funcionar como sustituto del silicio, sin embargo, no es muy común debido a su alto costo. El silicio es el segundo elemento más abundante en el planeta tierra después del oxígeno, constituyendo aproximadamente un 28% de la corteza terrestre, lo que resulta positivo, ya que no es un recurso limitado el cual se vea afectado por el proyecto, y se puede encontrar en la arena o en las rocas.

Aproximadamente, se requieren 15 toneladas de silicio por cada MW de células producidas, es una cantidad grande, sin embargo, como se mencionó anteriormente, el silicio constituye un 28% de la corteza terrestre. Otros elementos que se utilizan como el fósforo, es el onceavo elemento más abundante en la corteza terrestre, o el boro ocupa el lugar número 51 de abundancia en la corteza terrestre de los 118 elementos de la tabla periódica.

La producción de silicio anteriormente causaba afectación en el contexto ambiental, ya que generaba emisiones tóxicas, sin embargo, se ha incorporado al mercado una nueva forma de convertir el silicio en su forma cristalina, en la que se ha demostrado es uno de los procesos de fabricación que más respeta al medio ambiente, en sus normas de emisión y consumo energético.

En cuanto al uso del agua, no es un tema que se vea afectado, esto es debido a que el proyecto en sí no necesita del uso directo de agua para funcionar. Las células o celdas fotovoltaicas no utilizan el recurso del agua para su funcionamiento ni para generar electricidad. Ahora bien, efectivamente el agua debe ser utilizada para funciones secundarias, indirectas, funciones tales como limpieza de los módulos fotovoltaicos o para consumo de los trabajadores.

El proyecto de módulos fotovoltaicos *per se* no genera emisiones de gases de invernadero, sin embargo, existen actividades indirectas que se derivan del proyecto, las cuales sí generan gases de efecto invernadero. Cuando se hace mención de gases de efecto invernadero, son gases emitidos de forma natural y por actividad humana, la presencia excesiva de estos gases resulta contaminante y contribuyen al calentamiento global y a acelerar el cambio climático.

Las actividades indirectas de las plantas fotovoltaicas tales como transporte, manufactura, fabricación, instalaciones, mantenimiento, entre otras, generan gases de efecto invernadero, sin

embargo, estas emisiones son hasta 10 veces menores que las emisiones por los combustibles fósiles. La producción de energía eléctrica convencional se obtiene a través de la quema de combustibles fósiles y a través de reacciones nucleares. La energía solar podría evitar hasta 20 mil toneladas de gases de efecto invernadero por cada hogar abastecido con energía solar.

La energía solar también contribuye a la disminución de la contaminación sonora o sónica. Esto porque al optar por una construcción de una planta solar fotovoltaica en vez de una construcción de energía convencional, disminuye el volumen de las plantas de energía convencional, y en el proceso disminuye la contaminación sonora que estas plantas convencionales presentan para el medio ambiente.

Marco Legal

En el marco legal, se van a contemplar las regulaciones o leyes vigentes más relevantes las cuales tengan afectación sobre la energía solar, específicamente de las plantas solares fotovoltaicas. Como la investigación tiene por objetivo principal, el analizar si las plantas fotovoltaicas representan una solución alternativa viable a la problemática ambiental y a la crisis energética mundial, el marco legal estará compuesto por varios países de diferentes continentes, ya que tanto la problemática ambiental como la crisis energética mundial indicen en todo el globo.

Costa Rica

En Costa Rica, primeramente, se debe afirmar que el servicio eléctrico se brinda a través de una red estatal, cuya naturaleza es cuasi monopólica, y se constituye a partir de la generación, la transmisión, distribución y el alumbrado público. Las instituciones que cuentan con el aval para dichos fines, son puntualmente ocho instituciones.

- ICE y sus filiales (en todas las zonas rurales del país)
- CNFL (únicamente en San José)
- Empresa de Servicios Públicos de Heredia (*ESPH* por sus siglas – únicamente en Heredia)
- JASEC (únicamente en Cartago)
- Coopeguanacaste (únicamente en Guanacaste)
- Coopealfaroruiz
- Coopesantos (únicamente en la zona de los Santos) y;
- Coopelesca (únicamente en San Carlos)

El Instituto Costarricense de Electricidad, al amparo de la Ley que Autoriza la Generación Eléctrica Autónoma o Paralela no. 7200 y sus reformas, es la ley suprema que habilita y garantiza al ICE a decidir unilateralmente quién puede producir, quién puede comercializar el servicio eléctrico, y a quiénes se les puede concesionar el manejo del servicio eléctrico y bajo cuáles pautas.

En Costa Rica, en relación con la generación eléctrica solar, el reglamento actual imposibilita la explotación de dicha generación debido se limita, por razones monopólicas, la explotación de este recurso. En dicho reglamento se establece que, en ninguna zona del país se puede exceder un 15% de producción energética proveniente del sol.

El ICE es, por ley, quien autoriza la producción de electricidad, solo el ICE puede revenderla, y el tamaño debe limitarse a un máximo de 50 megavatios (MW). A grandes rasgos, el marco regulatorio actual limita de maneras significativas el potencial del país de explotar dicho recurso, no solo en el espectro normativo, sino también por la desgastante tramitología, y las medidas restrictivas para poder desarrollar el propio insumo eléctrico solar.

Entre otra normativa y reglamentación, además de la Ley No. 7200 Ley que Autoriza la Generación Eléctrica Autónoma o Paralela, en lo que atañe, se puede constatar la existencia de los siguientes:

- Norma técnica de planeación, operación y acceso al sistema eléctrico nacional
- Reglamento de Armonización Regulatoria entre el mercado eléctrico nacional y el regional
- Reglamento para aplicación del Régimen Sancionatorio de la CRIE (Comisión Regional de Interconexión Eléctrica)
- Entre otros

Chile

Cabe recalcar que Chile fue el primer país de Latinoamérica en el que se construyó una planta solar fotovoltaica en el desierto de Atacama, inaugurada el 8 de junio del 2017, cuenta con 10.600 heliostatos (espejos) de 140 metros cuadrados y 3 toneladas cada uno, 392.000 paneles solares y una torre de 250 metros de altura, ocupa 1.000 hectáreas y genera una capacidad de 210 megavatios de energía limpia.

En virtud de la Ley General de Servicios Eléctricos, en Chile se regulan las distintas tomas de decisiones de tanto la distribución como el desarrollo del servicio eléctrico a lo largo y ancho del país sudamericano. En Chile, en general, la concesión del servicio eléctrico es la regla, el ente

encargado de realizar dichas concesiones debe ser entregado por el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, y se les otorgan a empresas privadas que presentan sus diferentes solicitudes para proveer el servicio. En tanto se le otorgue la concesión a una empresa en este país, las mismas adquieren el derecho a utilizar bienes nacionales de uso público, entre ellas calles, plazas, puentes, etc.

Entre otra normativa que regula los servicios eléctricos chilenos se encuentran la Ley de Base de Procedimientos y la Ley Orgánica de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles en conjunto con Ley General de Servicios Eléctricos.

Estados Unidos

En Estados Unidos, al ser un país federal, y la segunda potencia consumidora de energía primaria del mundo, la política predominante es la del mercado competitivo, y en el mercado eléctrico no existe una excepción a esta política.

El desarrollo de energía solar, y de energías renovables se ha incrementado exponencialmente durante los últimos años. Cada estado, al ser un gobierno federal, cuenta con competencias suficientes para fijar normativa regulatoria del autoconsumo y del consumo de las mismas, y, por tanto, cada estado varía en sus restricciones, limitantes y extensiones en el consumo y desarrollo de energía solar.

China

La política energética en la República Popular China se encuentra centralizada en el Consejo del Estado, quien es el encargado irrestricto de la política y directrices de la energía. Intervienen también en dichas políticas el Congreso Nacional Popular y la Comisión Nacional de Reforma y Desarrollo, órgano regulador del sector.

Entre la normativa aplicable al efecto, se utiliza la ley de energía fotovoltaica como piedra angular desde su promulgación en 2006. Dicha ley brinda apoyo legal para el desarrollo de varios tipos de energía renovable, incluida la energía solar fotovoltaica (PV). Y además divide la aplicación de la energía fotovoltaica en cinco fases, las cuales son:

La primera etapa: Sistema fotovoltaico aislado que suministra energía a áreas remotas. La principal ventaja es que dicho sistema no requiere equipo de transmisión de energía. La capacidad ideal puede ser de 100 W a 100 kW, y el precio ideal del módulo puede ser de 4 a 6 dólares estadounidenses por Wp. Fase 2: El sistema fotovoltaico instalado en el techo en red, lo que se denomina sistema fotovoltaico integrado en el edificio. Este sistema se puede instalar en el techo

y las paredes de los edificios para ahorrar costos y uso del suelo. La capacidad ideal puede ser de 1 kW a 10 MW, y el precio ideal del módulo puede ser de 4 a 6 dólares estadounidenses por Wp.

La tercera etapa: Central fotovoltaica del desierto, aprovechando la abundante luz solar de la zona desértica. La capacidad ideal puede oscilar entre 1 MW y 1 GW, y el precio ideal del módulo puede ser de 3 a 4 dólares estadounidenses por Wp. La cuarta etapa: plantas de energía fotovoltaica en zonas costeras. Las ciudades de las zonas urbanas costeras de China tienen una gran demanda de electricidad. La central fotovoltaica allí puede satisfacer esta demanda y ahorrar costos de transmisión de energía. La capacidad ideal puede ser de 10 MW a 10 GW, y el precio del módulo puede ser de 2-3 dólares estadounidenses por Wp.

La quinta etapa: cubierta de energía fotovoltaica en la calle. Los techos fotovoltaicos instalados en las calles proporcionan electricidad a los coches o trenes que utilizan electricidad. Con esta tecnología, podemos reemplazar el motor de gas tradicional con motores eléctricos solares y entrar en la era de la generación de energía solar. La capacidad ideal puede oscilar entre 10 GW y 1000 GW, y el precio ideal de los componentes puede ser inferior a 1 dólar por Wp.

Es preciso afirmar, que, para un mayor desarrollo y agrandamiento del mercado solar y fotovoltaico chino, sería necesario que tanto el gobierno chino como sus distintos órganos legislativos generen apertura del mercado.

India

La organización político-administrativa de la India cuenta con aspectos regulatorios divididos en sus competencias a las autoridades centrales y estatales. Los órganos competentes, en síntesis, son: el gobierno central, el Ministerio de Energías Renovables y el Ministerio de Energía. La *Central Electricity Authority*, y su comisión, son los entes que se encargan de elaborar la política energética del país.

A partir de la década de los noventa, se promulgó el marco regulatorio actual, otorgando mayores competencias a las empresas privadas mediante el *National Tarrif Policiy*, donde se legisló para fijar obligaciones de compra de energía renovable (*Renewable Purchase Obligations*), en los cuales se les comenzó a imponer a las empresas a comprar y adoptar las energías renovables, entre las que destaca la energía solar.

España

La legislación fotovoltaica en España se divide en distinta normativa que define las diferencias entre los sistemas: sistemas fotovoltaicos autónomos, centrales fotovoltaicas y sistemas

de autoconsumo. Cada uno de los sistemas cuenta con distintas disposiciones, y las mismas se encuentran fundamentalmente en dos normas puntuales: La ley de sector eléctrico y el reglamento electrotécnico para baja tensión.

El sistema fotovoltaico autónomo, según la normativa recientemente aprobada en España se refiere a "aquella instalación que no tiene conexión física con la red eléctrica por lo que es imposible que interaccione con la misma. Estos sistemas pueden estar o bien equipados con baterías o bien dedicarse a lo que se denomina bombeo solar directo. Estos dos tipos de instalaciones deben prácticamente cumplir una única norma el REBT y, en especial, la instrucción técnica BT-1TC-40". (Soria, 2021, p. 1).

Las centrales fotovoltaicas: "Las centrales fotovoltaicas (CFV), también denominados huertos solares, son sistemas fotovoltaicos conectados a red (SFCR) diseñados para inyectar la máxima energía eléctrica posible en la red eléctrica (de distribución o de transporte) y que, por consiguiente, no tiene consumos físicamente cercanos asociados." (Soria, 2021, p. 1).

Y las instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo: "Estas normas dividen las instalaciones de autoconsumo en dos modalidades: autoconsumo sin excedentes y autoconsumo con excedentes. Las instalaciones sin excedentes abarcan todas aquellas instalaciones próximas bien sean de red interior o a través de la red (en artículos futuros se verá en detalle que implica la proximidad de la instalación). Los sistemas sin excedentes deberán contar con algún tipo de sistema anti vertido para impedir que la energía eléctrica sobrante generada no se inyecte en la red de distribución eléctrica." (Soria, 2021, p. 1).

Alemania

La normativa vigente en Alemania fue recientemente reformada en el año 2017, tras ser aprobada por un proceso consultivo del 2016. Entre sus reformas, vigentes en la actualidad, el Comité de Economía, Energía, y Empresas Públicas del Senado de Berlín, se aprobó el proyecto de ley a principios de junio del 2021 en el cual se impone de manera obligatoria el uso y desarrollo de energía solar en edificios residenciales y no residenciales, en la ciudad de Berlín.

"La Ley Solar de Berlín entrará en vigor en enero de 2023 y requerirá que los propietarios privados instalen sistemas fotovoltaicos en edificios nuevos como parte de las renovaciones de techos o renovaciones de edificios antiguos. Como toda ley, existen represalias por su incumplimiento; si se trata de vivienda unifamiliar o bifamiliar, la persona que incumpla los requisitos fotovoltaicos de la citada ley será sancionada con una multa de hasta 5.000 euros. Para

casas multifamiliares, las multas pueden ser de hasta 25.000 euros y para edificios no residenciales, las multas pueden ser de hasta 50.000 euros." (Vizcarra, 2021, p. 1).

En el marco nacional, únicamente en la ciudad de Berlín se legisló, sin embargo, expertos prevén que se extenderán sus efectos a lo largo y ancho de todo el país germánico.

Australia

El marco normativo australiano, referente a la energía fotovoltaica y desarrollo solar ha tomado un camino distinto de la antigua dependencia a los combustibles fósiles en Australia. Mediante el Acuerdo de París del 2015, el país se comprometió a disminuir sus emisiones de carbono y legislaron en lo interno del país con el *Renewable Energy Target (RET),* que es esquema fijado por el Gobierno de Australia para la reducción de las emisiones de gases invernadero en el sector de la generación eléctrica y para la promoción y fomento de generación de energía a partir de fuentes de energía limpia.

Con el *National Energy Guarantee* (NEG), el gobierno australiano en el 2017 introdujo un único instrumento normativo para conseguir un sistema de seguridad en el abastecimiento de la red y un esquema de reducción de emisiones de carbón. Como base de ambos decretos y directrices fijadas por el gobierno australiano, en el 2011 se promulgó el *Clean Energy Act*, l 2011, que se trataba de un esquema de impuesto al carbono que intentaba controlar las emisiones en el país, así como apoyar el crecimiento de la economía mediante el desarrollo de tecnologías de energía limpia.

A pesar de conseguir buenos resultados, esta iniciativa se enfrentó a grandes oposiciones y finalmente fue derogada en el año 2014. En la actualidad no hay mucha normativa ni certeza sobre lo relacionado al Desarrollo de energía solar en un futuro cercano.

Sudáfrica

Sudáfrica, en términos globales, es de los rincones con mayor desarrollo histórico de la energía solar, y la energía solar térmica. Sudáfrica se sitúa entre los primeros puestos a nivel mundial en capacidad instalada con unos 1,4 millones de m2 (2,5 % nivel mundial) y cuenta con diferentes empresas fabricantes de estos equipos, que desarrollan su propia tecnología.

En el país existen una serie de formas de entrada en el mercado eléctrico sudafricano, son múltiples y dependen del sector y la actividad. Dicho esto, y debido al carácter típicamente subvencionado del sector, se hace necesario contar con contactos locales susceptibles de tener

buenas relaciones con los decisores locales, tanto compradores como otorgantes de permisos, y por supuesto a nivel gubernamental.

El ente máximo responsable de toda la electricidad y energía, en su sentido amplio, es el Departamento de Minerales y Energía (DME), asimismo, es el encargado en materias políticas, normativas y regulatorias del sector.

La normativa aplicable es amplia, y muy cuantiosa, sin embargo, entre los principales destacan: *Integrated Energy Plan* (2003) – cuerpo legal bastante específico sobre energías limpias, *Electricity White Paper* (2002) – marco únicamente para recursos energéticos y desarrollo de energías renovables, *Electricity Regulation Act* (2006) – establecido como marco regulatorio nacional, *Petroleum Products Amendment Act* (2004), *National Water Act*, entre otros.

Emiratos Árabes

Emiratos Árabes se consolida, durante los últimos cinco años, como el ganador global con la planta solar más grande del mundo conectada en un mismo nudo. Fundamentalmente, el mercado de los emiratos está centralizado mediante el Estado, sin embargo, se han propiciado alianzas público-privadas, licitaciones y distintos consorcios en aras de potenciar el uso del clima y de la infraestructura.

Estudios previos

Se tomó en cuenta para la presente investigación el trabajo de Jaime Wright Gilmore titulado "Estudio del Potencial Solar en Costa Rica" redactado en noviembre del 2006 en San José, Costa Rica. Dicho estudio tiene como objetivo principal:

> Lo que se pretende alcanzar con el presente estudio es valorar la investigación de la radiación solar en Costa Rica, y determinar su potencial como recurso energético. El interés de datos cuantitativos de radiación solar, sin embargo, no es limitado al uso directo de la energía solar para la generación de potencia. Existen muchas otras actividades para la cual esta información es necesaria o al menos útil. A la par de las ciencias meteorológicas, como un todo, estas actividades como agricultura, irrigación, forestal y arquitectura pueden ser beneficiados con dichos datos. (p. 3).

En este estudio "se recomienda principalmente al Instituto Meteorológico Nacional y al Instituto Costarricense de Electricidad ampliar la red solarimétrica del país, con piranómetros que sean más precisos y sofisticados en su tecnología, en cuanto a la adquisición de datos remotos, especialmente en lugares poblados donde raramente o nunca se han hecho mediciones directas, esto permitiría valorar con mejor criterio el potencial de cualquier equipo que utiliza la energía solar en el país." (Wright 2006, p.64)

Ahora bien, a nivel más general, se visualizó el estudio de FOCER (Fortalecimiento de la Capacidad en Energía Renovable para América Central) el cual tiene como objetivo "remover barreras que enfrenta la energía renovable y fortalecer la capacidad para el desarrollo de proyectos de este tipo a pequeña escala, en América Central, con el fin de reducir las emisiones de gases que generan el efecto invernadero." (p. 3).

En este estudio se enfatiza la necesidad de diferenciar las condiciones de mercado de cada país, ya que estas afectan directamente la producción de la energía solar fotovoltaica. Se definen algunos factores principales como los precios internacionales del mercado fotovoltaico, la disponibilidad local de distribuidores e instaladores de quipos, la ubicación y la demanda energética de los usuarios (calidad, cantidad y capacidad), la facilidad de acceso en los lugares a implementar los equipos.

Se estima que, para América Central, aproximadamente el costo inicial del sistema fotovoltaico a nivel individual (doméstico) están entre un rango de 800 dólares y 1000 dólares incluyendo los equipos, el transporte y la instalación. Entonces, para las viviendas cuya ubicación sea de difícil acceso y de naturaleza más rural y alejadas con vías deficientes el costo normalmente va a incrementarse del 15 al 30% del costo inicial.

Los costos principales en los que se incurren son los costos de inversión, mantenimiento y reemplazo. Los de inversión suelen representar entre un 70 o 75 % del costo del sistema a lo largo de su vida útil, la cual se estima es de 15 a 20 años. En cuanto a los de mantenimiento y operación son los costos en los cuales se deben incurrir durante toda su vida útil y representan entre un 3 y 5% del costo total. Los costos de remplazo son los que se incurren cuando las baterías se gastan (sucede como de 3 a 5 años de su uso) y representan entre un 20 y 27% del costo total.

Entonces, todas estas características de inversión, mantenimiento y de reemplazo varían dependiendo de las condiciones de cada país. En el caso de América Central, su área dispone de abundante radiación solar, el mantenimiento de los módulos fotovoltaicos es sencillo y tiene un costo bajo, de manera que estos sistemas en la región de América Central han experimentado una reducción de precios y esto hace que la tecnología sea más accesible para poblaciones rurales.

Para América Central la inversión inicial es alta en términos de una gran mayoría de familias rurales, la disponibilidad de energía es variable y dependiente de las condiciones atmosféricas. En general, los sistemas fotovoltaicos se han desarrollado relativamente lento en América Central. En cuanto a la región de Suramérica, se obtienen resultados más positivos en

cuanto al uso de los módulos fotovoltaicos, por ejemplo, Chile dispone de una de las plantas solares fotovoltaicas más grandes del mundo. Y en cuanto a la región norteamericana, también se obtuvieron mejores resultados, por ejemplo, Estados Unidos incurre en gran actividad de energía fotovoltaica y tiene grandes proyectos en diferentes estados.

Ahora bien, se visualizó otro estudio titulado "Política de energía solar en la UE y los Estados miembros desde la perspectiva de las peticiones recibidas" y fue redactado en el 2016. En el estudio se expone que Europa sigue siendo el líder mundial en cuanto a la generación de electricidad a partir de energía fotovoltaica. En él se expone también que la Directiva sobre las fuentes de energía renovables prevé que los países que son miembros de la Unión Europea deben alcanzar un determinado porcentaje de energías renovables en los próximos años.

Europa en general está altamente desarrollado por las energías renovables, y enfocándonos principalmente en la energía solar fotovoltaica, obtenemos resultados de alto impacto, por ejemplo, España. El nivel de ayuda para la energía fotovoltaica era relativamente elevado en el 2007 y 2008, el acceso al crédito para las instalaciones fotovoltaicas más pequeñas resultó relativamente fácil y los tipos de interés eran bajos, los ayuntamientos concedieron licencias municipales sin demora y tipo de cambio estuvo USD/EUR estuvo a su favor, por lo que la importación de los módulos fotovoltaicos era menos costosa.

A pesar de que Europa siga siendo el líder a nivel mundial, los principales centros de crecimiento de la capacidad fotovoltaicas se han desplazado hacia Asia en los últimos años (desde el 2011) o sea la producción de los paneles y células solares se han desplazado al mercado asiático. Una de las razones por las cuales se han desplazado a Asia, es por las condiciones atractivas del mercado, por ejemplo, en China, se vendieron más baratos los módulos fotovoltaicos que los de Europa al presentar ventajas tecnológicas y costes salariales más favorables.

En el estudio titulado "Donde Brilla el Sol" redactado por Gregor Schwerhoff y Mouhamadou Sy en marzo de 2020 se expone que la energía renovable solar es ideal para satisfacer las necesidades de energía eléctrica de África, permitiéndole así desarrollarse rápidamente respetando también el Acuerdo de París del 2015. En ese acuerdo, el cual establece que los gobiernos miembros se comprometieron a limitar el calentamiento global a 2°C por encima de los niveles preindustriales.

En el caso de África, los precios de la energía solar renovable han disminuido 77% entre el año 2010 y 2018, datos suministrados de la Agencia Internacional de Energías Renovables. Las

inversiones en energía renovable, especialmente la solar, están repuntando en Sudáfrica, Uganda y Zambia donde se ha incidido en precios altamente competitivos, propiciando así la inversión. No obstante, África sigue siendo altamente dependiente de los combustibles fósiles, por lo que ha sido y sigue siendo un desafío el tema de las energías renovables en el continente.

Según el estudio titulado "El mercado de la energía solar en Australia" redactado por Ana Lázaro Herrasti en representación de la Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Sidney el 20 de abril del 2021, confirma que el año 2019 ha sido clave para el desarrollo de la energía solar en Australia en sus diferentes escalas. Se define a continuación que:

> Dos de los macro proyectos más grandes de Australia y actualmente del mundo, crearán en un futuro próximo grandes oportunidades para empresas de equipamiento, servicios técnicos y construcción por la vía de la sub-contratación. El proyecto solar Sun Cable en Tennant Creek (North Territory) se encuentra en fase de planificación, con una previsión de capacidad de 10 GW acompañado de una batería de 22 GWh. Por su parte, el *Renewable Energy Hub* en la región de East Pilbara (Western Australia) albergará 26 GW de turbinas eólicas y paneles solares fotovoltaicos. (p. 96).

Marco Político

Dentro del marco político, se contemplará el tema de la crisis energética mundial, su concepto como tal, sus principales características, sus afectaciones, tales como las tensas relaciones políticas, y los aspectos más relevantes de esta crisis, de manera que se pueda crear una perspectiva más sólida sobre si las plantas fotovoltaicas, efectivamente funcionan como una solución alternativa a esta crisis mundial.

La crisis energética mundial, es una crisis respecto a los movimientos bruscos entre la oferta y la demanda del suministro de fuentes energéticas y de las materias primas relevantes a la industria eléctrica. Abordando sobre esa definición, el mercado de la energía es dependiente de los movimientos de la oferta y la demanda, entonces cuando hay escasez en la producción (oferta) de los elementos de las fuentes energéticas y hay una sobredemanda que necesita adquirir estos elementos, hay un desnivel importante que provoca que los precios de los elementos se disparen, de manera que produce una gran afectación en los índices de precios, en la inflación. Estos suministros de fuentes energéticas destinados a servicios como iluminación, confort térmico, cocina, comunicaciones y movilidad, son el gas natural, petróleo, crudo, dióxido de carbono etc.

Otra de las razones por las cuales se incrementan considerablemente los precios de los suministros de las fuentes energéticas, es debido al invierno. Los países necesitan de herramientas

que dependen de energía tales como la calefacción en el invierno, lo que necesita de mucha energía para funcionar, especialmente cuando debido al invierno se alcanzan temperaturas muy bajas y requieren de estas herramientas, obligando al país a adquirir más gas natural para la calefacción.

El costo de la calefacción está muy elevado, precisamente porque el precio del gas natural ha aumentado un 180% en los últimos 12 meses del presente año siendo el precio uno de los más elevados desde comienzos del año 2014. La situación del gas natural en Asia y en Europa está crítica, donde hay una escasez que ha forzado apagones, cierres de fábricas y aleja a los países de su recuperación económica.

Los supermercados del Reino Unido podrían estarse viendo en una situación delicada donde los supermercados se enfrentarían a una escasez de carne y de otros alimentos frescos, esto por el aumento de los precios del gas natural. Esta subida en los precios provocó que un fabricante importante estadounidense suspendiera su producción de fertilizantes, lo que provocó se cerrara la mayor parte del suministro británico de gas natural en la industria de comidas y bebidas.

Además, debemos contemplar que en la agenda de los países ya se están gestionando los ahorros de energía, potencias mundiales como China, Estados Unidos, India, países de la Unión Europea, etc., lo que también resulta perjudicial para la industria eléctrica como tal y por ende nuevamente se aumenta los precios de la industria energética. China específicamente se ve perjudicada por una ola de apagones debido a las fuertes subidas del precio del carbón.

Se emplea el término “pobreza energética”, que hace referencia las personas físicas que no van a ser capaces de hacerle frente a las facturas de consumo energético de sus hogares, especialmente aquellos que utilicen calefacción, por ejemplo, también entran en este concepto las empresas que de igual forma no van a ser capaces de enfrentar las subidas de los precios en las fuentes de energía, por lo que están quebrando.

Esta crisis mundial de energía solo se vio todavía más perjudicada ante el virus Covid-19. Se observó la volatilidad que experimentó la oferta y la demanda de los suministros de fuentes de energía, presentando cambios muy abruptos y por ende un desequilibrio en la producción y en las cantidades demandadas, provocando así un incremento de los precios. Por ejemplo, interiorizando en el caso del petróleo, debido a los encierros y a las regulaciones de los estados, no había movilidad en cuanto a transporte, por lo que no se demandaba las cantidades habituales de petróleo y su precio se redujo considerablemente, así como su oferta en el mercado. Después, se reactivó el tránsito nuevamente y el cambio en la demanda fue abrupta, perjudicando los precios.

Dentro de esta crisis, podemos notar también que se da una crisis alimentaria, de manera que los precios de los alimentos "han subido" en el nivel más alto de los últimos 10 años. Actualmente, el precio de los alimentos se sitúa en 130 puntos, y la FAO (*Food and Agriculture Organization*) de la ONU (Organización de las Naciones Unidas) advierte inclusive que la cosecha de cereales para este 2021 será insuficiente para cubrir la demanda del mercado.

La energía afecta directamente a la industria de alimentos y bebidas, por ejemplo, la industria de fertilizantes (elemento clave en la producción de alimentos), al haber una subida en los precios del gas natural, las empresas de fertilizantes de todo el mundo, se han visto en apuros y otras han cerrado, como por ejemplo el caso mencionado anteriormente de la empresa de fertilizantes estadounidense que cerró la mayor parte del suministro británico de gas natural en la industria de comidas y bebidas.

En el momento en que estas empresas de fertilizantes cierran o se ven en condiciones delicadas, provoca una "subida" en los precios de los mismos fertilizantes, encareciendo al mismo tiempo los precios de venta de los alimentos de forma directa. Otro de los elementos energéticos que va a causar afectación en la crisis alimentaria, es el CO2. Al haber escasez de dióxido de carbono, por la crisis energética, afecta la cadena de alimentos de la siguiente manera. El CO2 es utilizado para aturdir a los animales en los mataderos antes de realizar la matanza, lo que al estar en escasez provoca una subida de precio en las carnes y también en el desabastecimiento, situación que se está dando en países como en Irlanda y Reino Unido.

Ahora bien, de los temas más preocupantes de la crisis energética, es el tema del petróleo a $100 el barril. Según un informe de *Bank of America*, avisan que un invierno frío podría elevar el precio del petróleo por encima de los 100 dólares, siendo esta situación realmente catastrófica para el mundo, causando presiones inflacionistas a los gobiernes de todo el mundo y disminuyendo el poder adquisitivo. Actualmente, el precio del barril de petróleo ronda los 80 dólares.

Acontecimientos mundiales

Primeramente, en cuanto a los acontecimientos mundiales que más se necesita abarcar en este capítulo, sería la invasión de Rusia a Ucrania a comienzos del año 2022. Se procede entonces a explicar en primera instancia sobre qué trata este conflicto, las razones, las consecuencias, sus características principales, quiénes están relacionados en el conflicto, entre otros aspectos.

El conflicto se debe a que el presidente de Rusia, Vladimir Putin, tiene grandes intereses en recuperar los territorios los cuales alguna vez formaron parte de la Unión Soviética que estaba controlada por Rusia. Retomando la Unión Soviética, o la URSS, estaba conformada por Rusia, Transcaucasia, Ucrania y Bielorrusia y se creó el 30 de diciembre del año 1922.

Sin embargo, con el pasar de los años logró expandirse hasta 1940 obteniendo entonces hasta 15 repúblicas con el fin de reestructurar la economía y la política, convirtiéndose en la segunda economía más importante del mundo después de los Estados Unidos, y la Unión Soviética se disolvió en el año 1991.

Ucrania entonces logró convertirse en un territorio independiente tras la disolución de la URSS en 1991. Además de que se convirtió en una república independiente, Ucrania está geográficamente ubicada entre Rusia al este y la Unión Europea al oeste, lo que ha provocado una división ideológica dentro de Ucrania donde los habitantes entraron en una disputa en la cual algunos quieren formar parte de la Unión Europea y otros desearían formar parte de Rusia.

Debemos agregar también que existen intereses políticos fuertes de por medio, que incluye a las diferentes potencias mundiales, por ejemplo, los países miembros de la Unión Europea, Estados Unidos, Canadá, siendo el resultado de este conflicto una guerra entre las potencias realmente. Para Estados Unidos y para Rusia la ubicación estratégica de Ucrania, entre Rusia al este y al oeste a la Unión Europea, resulta de interés militar para ambos por la disponibilidad de recursos.

Cuando se menciona la disponibilidad de recursos hacemos énfasis en el gas natural, el cual es de los recursos más importantes para las energías tradicionales de combustión. Actualmente, el 40% del gas natural que se consume en toda Europa, es proveído por Rusia, y es debido a la logística de comercialización del mismo que Ucrania se vuele un punto estratégico, ya que el gas natural se pasa a través de unos ductos subterráneos que atraviesa todo el territorio de Ucrania.

No es un conflicto reciente, sino que es un conflicto que trasciende desde muchos años atrás por ejemplo en el siglo XVIII, Rusia quería expandirse como lo estaban haciendo las grandes potencias como Inglaterra y Francia, por lo que querían expandir su flota naval al hacer uso del mar Negro y el mar Báltico donde se expandieron por Ucrania. Otro ejemplo también es en el año 1783 la península de Crimea fue anexada por Rusia por primera vez, esto por motivos tales como que Crimea que se ubica al sur de Ucrania por su cercanía al mar Negro. Rusia anexó a Crimea

por segunda vez en el año 2014 y este acontecimiento es considerado una de las causas directas sobre esta invasión en el presente año.

Primeramente, Ucrania fue invadida por Rusia en el siglo XVIII, formando parte de la Unión Soviética, después en la segunda guerra mundial (1939-1945) Alemania Nazi invade Ucrania, y al finalizar la guerra, la Unión Soviética vuelve a tomar posesión de Ucrania. Es hasta el año 1991 cuando se disuelve la Unión Soviética, que Ucrania se convierte en una república independiente.

Es importante mencionar ahora la influencia y participación de la OTAN en este conflicto. Retomando la creación de Tratado del Atlántico Norte (OTAN) en 1949, surgió con la finalización de la segunda guerra mundial para proteger los países los cuales habían sido invadidos por la Alemania Nazi y por la Unión Soviética para mantener su sistema democrático y no ser invadidos nuevamente, ya que en este tratado entró los Estados Unidos.

Mónica Caramés Vázquez define la alianza como:

> El Tratado del Atlántico Norte, firmado en abril de 1949, que constituye la base legal y contractual de la Alianza, fue creado en el marco del artículo 51 de la Carta de Naciones Unidas, que reitera el derecho inherente de los Estados independientes a la defensa individual o colectiva. Como se declara en el preámbulo del Tratado, el objetivo de los aliados es promover relaciones pacíficas y amistosas en el área del Atlántico Norte. (Caramés, 2000, p.1)

Rusia tuvo un conflicto interno con la creación de la OTAN, por lo que en el año 1990 sucedieron ciertas negociaciones entre la OTAN y Rusia, en las cuales establecieron que, en el mapa de los miembros de la OTAN, no se expandiría más allá del oeste de Alemania (acercándose a Rusia) esto para mantener una distancia segura entre los países miembros de la OTAN y Rusia.

Sin embargo, los países intermedios entre el oeste de Alemania y Rusia fueron formando parte de la Unión Europea y uniéndose a la OTAN, de manera que actualmente cinco de esos países intermedios comparten fronteras con el territorio ruso. Estados Unidos al formar parte de la OTAN, puede y ha establecido bases militares en estos países que comparten la frontera con Rusia.

Entonces, aquí entra la situación de Ucrania. Ucrania es uno de los países independientes que comparte fronteras entre países miembros de la OTAN y Rusia. Es por esta razón que Rusia tiene intereses en invadir Ucrania, porque si Ucrania llega a formar parte de la OTAN, eso significa que Estados Unidos podría establecer tropas militares en la frontera entre Ucrania y Rusia. Rusia transporta su gas natural por medio de unos ductos subterráneos que atraviesan todo el territorio

de Ucrania, y si Ucrania se hace miembro de la OTAN, le daría poder a Estados Unidos sobre establecer tropas militares y obtener cierta influencia sobre un país que transporta el gas natural de Rusia, el cual es uno de los activos más importantes para Rusia.

Todo este conflicto entre Rusia y Ucrania ha desarrollado numerosas consecuencias para todos los involucrados, y una de las consecuencias más importantes y relevantes para esta investigación, es los elevados precios de los recursos de las energías tradicionales de combustión, lo que resulta en la electricidad más cara para todos los consumidores y también la gasolina.

Los recursos de las energías tradicionales de combustión que se ven más afectados son el carbón, el gas natural y el petróleo. Primeramente, el gas natural, tanto su producción como su distribución se ha visto limitada por diversos factores, de los factores principales ha sido todo el desarrollo del conflicto entre Rusia y Ucrania.

El 72% de las exportaciones de gas natural de Rusia es dirigido para toda Europa, y el suministro de gas natural ruso representa el 40% para toda Europa, según Jorge Piñón (2022) experto en temas energéticos y director del programa de energía para América Latina en la Universidad de Texas.

También menciona Piñón, que los precios del gas natural actualmente se han incrementado a 32 dólares la unidad térmica, que, si lo comparamos por ejemplo con los Estados Unidos, cuyos precios del gas natural se encuentran en 5 dólares la unidad térmica, resulta en una “subida” muy drástica de los precios en Europa.

A este respecto, resulta importante mencionar que existe una dependencia por parte de los países europeos por adquirir gas natural ruso, así como por parte de Rusia para venderlo hacia Europa. El gas natural para Rusia es de sus activos más importantes, lo que equivale a un elevado porcentaje del producto interno bruto del país, por lo cual requieren para el bienestar económico del país colocar su gas natural y los países europeos lo necesitan pues para su electricidad especialmente para la calefacción, por lo que podrían pasar un invierno difícil ante la escasez y los incrementos en el precio del gas.

Ahora bien, menciona también Piñón que, en cuanto a los otros recursos de energías tradicionales de combustión, se tiene por ejemplo que el 48% del petróleo en Europa es abastecido con el petróleo ruso, así como también el 31% del carbón en los países europeos es proporcionado por el carbón ruso.

El gas natural principalmente va dirigido para las termoeléctricas, que es "…una instalación en donde la energía mecánica que se necesita para mover el rotor del generador, y por tanto obtener la energía eléctrica, se obtiene a partir del vapor formado al hervir el agua en una caldera" (Foro Nuclear p.1). Entonces, en las centrales termoeléctricas para transformar el agua en vapor se necesita de recursos como el carbón y el gas natural.

El petróleo principalmente va dirigido hacia las refinerías para hacer combustible, y Europa principalmente depende de ese combustible ruso, por lo que tanto el gas natural como el petróleo, van a ser impactados por una subida en sus precios. Es por esta razón que también se han observado patrones con comportamiento al alza sobre el uso del carbón por parte de Europa, o sea, que se han estado utilizando las plantas de carbón las cuales algunas se encontraban cerradas.

Europa se está preparando para disminuir la dependencia que tiene hacia el gas natural y el petróleo ruso con el uso del carbón como un seguro ante el escenario donde Rusia corte el suministro tanto del gas como del petróleo como represalias ante los países de la Unión Europea, pertenecientes a la OTAN, o cualquier país que se oponga ante la invasión de Rusia hacia Ucrania.

Menciona Piñón que Rusia ha aumentado considerablemente sus reservas de oro, la razón que hay detrás de este aumento de las reservas, es porque Rusia pararía o disminuiría la producción del gas natural y del petróleo como represalias hacia los demás países que se opongan a ellos, y el oro le permite "aguantar económicamente hablando" a Rusia ante este escenario.

A su vez, Rusia tiene otras opciones de venta en cuanto al petróleo, ya que el petróleo puede ser movilizado en los oleoductos y también puede ser movilizado por el mar Báltico y el mar Negro y enviarlos en tanqueros. Esto permite que Rusia se beneficie ante un alza de los precios del petróleo. En cambio, con el gas natural, Rusia no tiene muchas opciones sobre la venta afuera de Europa porque el gas "está atado" a los gasoductos, esto quiere decir que Rusia puede monetizar más cantidad de petróleo comparado con lo que podría monetizar de gas natural.

A todo esto, hay que analizar la perspectiva de Estados Unidos ante esta situación, contemplando un escenario energético difícil y además un cambio inflacionario. Estados Unidos está experimentando una inflación muy brusca, de hecho, la inflación con crecimiento anual más veloz desde el año 1982, ascendió a 7,5%, según Los Ángeles Times en un artículo publicado por Paul Wiseman el 10 de febrero del presente año, 2022.

Estados Unidos presenta alzas en los precios de los alimentos, la canasta básica de los alimentos se ha visto afectada, los precios de la gasolina han subido bruscamente también, así

como los precios del gas natural, es decir, en la electricidad. Asimismo, el precio en los automóviles y camiones aumentó 41%, el aumento del precio de la gasolina en 40%, son ejemplos de la situación actual que se vive en los Estados Unidos y que está directamente ligado con la situación de Rusia y Ucrania y otros acontecimientos como la pandemia claramente, el de la crisis de los contenedores y escasez de mano de obra, por ejemplo, tema que se analizará también más adelante.

Enfocándonos en los efectos de la invasión de Rusia a Ucrania para la economía estadounidense, en el momento en el que Rusia "baja" sus producciones petroleras y de gas natural, esto provoca que se incremente el precio del petróleo y el gas porque la oferta está disminuyendo, sin embargo, la demanda va a subir.

Eso también implica que cuando Estados Unidos importa petróleo y gas natural ruso, los precios de las importaciones suban también lo que genera inflación en los Estados Unidos y esto aumenta el costo de vida de los habitantes. Se contempla también las decisiones de la Reserva Federal para amortiguar la inflación como por ejemplo que aumentan las tasas de interés.

El hecho de que Estados Unidos sufra un costo de vida más elevado, esto significa que muchos otros países también sufran las consecuencias, por ejemplo Costa Rica importa la mayoría del petróleo a través de empresas estadounidenses, lo que implica para el territorio costarricense también un alza en los precios de las importaciones, la gasolina más cara, alza en las tasas de interés para amortiguar los efectos del tipo de cambio, ya que se devalúa la moneda nacional por la subida del dólar respecto del colón, en fin, un costo de vida más elevado.

Chile y Brasil, son otros ejemplos de la afectación en estos países económicamente "hablando", debido a la alta inflación en Estados Unidos. Chile y Brasil importan gas natural licuado desde los Estados Unidos, lo que significa que si Rusia disminuye su producción de gas natural afecta directamente a los Estados Unidos y por ende afecta indirectamente a Latinoamérica, ya que existe cierta dependencia hacia los Estados Unidos.

Un problema grande de los Estados Unidos respecto del gas natural no es únicamente que Rusia disminuya la producción del gas y ahora resulte más costosa la importación. Si no que también existe un problema y es que Estados Unidos ya ha llegado a un "cuello botella" en cuanto a la capacidad de licuefacción, porque realmente ellos sí tienen suficiente gas natural.

Cuando se refiere de licuefacción del gas natural, se trata al poder "…transformar a estado líquido el gas natural, este no sirve como combustible, pero así se facilita transportarlo a zonas

hacia donde no hay gasoductos y resulta útil para su uso en vehículos de carga" (Cecilia Rodríguez, 2015, p. 1).

Efectivamente, existe suficiente gas natural en los Estados Unidos, el problema está en que "las unidades de regasificación y de licuefacción en el golfo de México, ya están a capacidad, y es ahí donde tenemos el cuello de botella. Por eso las exportaciones de gas natural licuado estadounidense aumentaron en diciembre (2021) a un 50%, la mayoría de ellas a Europa" (Jorge Piñón, 2022).

Como parte de las represalias y acciones tomadas por parte de los Estados Unidos contra Rusia, el presidente Joe Biden ha firmado un acuerdo histórico con la Unión Europea, por el cual, Estados Unidos les va a suministrar el gas natural para que Europa no dependa del gas ruso, y así reducir la dependencia a dos tercios de sus importaciones hasta finales del presente año.

El acuerdo entre los Estados Unidos y la Unión Europea contempla que los estadounidenses enviarán 15 mil millones de metros cúbicos adicionales de gas natural licuado hasta final de año. El objetivo principal de este acuerdo es conseguir para el año 2030 una demanda estable de 50 mil millones de metros cúbicos por parte de los estadounidenses.

Anunció la presidenta de la Comisión Europea, Úrsula von der Leyen, que tienen como objetivo reducir dentro de la mayor medida posible la dependencia de los combustibles fósiles rusos y eliminarla. Úrsula menciona que, para poder eliminar la dependencia hacia los combustibles fósiles rusos, lo siguiente "…esto solo puede lograrse por supuesto en primer lugar invirtiendo en energías renovables, pero también con suministros adicionales de gas." (von der Leyen, 2022).

Según menciona, José David Navarro, analista financiero, Europa tiene dificultades a nivel de infraestructura para recibir el gas licuado de los Estados Unidos, por lo que se ha convertido en una prioridad para la Comisión Europea realizar las debidas inversiones para desarrollar un proyecto que permita a Europa recibir las cantidades industriales de gas licuado.

Por ejemplo, menciona Navarro que España y Portugal tienen un tercio de la capacidad total de Europa en cuanto a la regasificación del gas licuado y sin embargo estos dos países se consideran como "islas energéticas" porque estos países presentan dificultades para transportar el gas natural por tuberías hacia Francia.

Este problema se ha vuelto prioridad de la Comisión Europa, para recibir las cantidades mencionadas anteriormente por parte de los Estados Unidos. Por lo tanto, se plantea la

construcción de una planta que pueda almacenar grandes cantidades de gas natural, enfocada en la regasificación del gas. Esta construcción deberá ser estratégica, menciona Navarro, porque por ejemplo una de las construcciones de las plantas de regasificación deberá ser en Alemania.

La razón por la cual se plantea que una de las plantas de regasificación deberá ser construida en Alemania, es porque este país es uno de los más dependientes del gas natural ruso. El proyecto tardaría varios años en construirse, no obstante, el gobierno alemán quiere acelerar la construcción.

Menciona Navarro que la prioridad pareciera ser el poder mantener las plantas de regasificación de gas europeas al máximo de su capacidad, esto para que, durante los meses de verano en Europa, puedan ir llenando las reservas estratégicas. Porque durante el invierno, el gas natural se vuelve muy necesario es aspectos tales como la calefacción de los hogares.

Como mencionó Úrsula von der Leyen, la solución es realmente continuar con las inversiones en las energías renovables, no solo por el hecho de reducir la dependencia del gas ruso, sino que también para contribuir con la problemática ambiental y reducir lo más posible el uso de las energías tradicionales de combustión.

Von der Leyen asegura también que, durante estas construcciones de las plantas de regasificación de gas, se supervisará y se harán chequeos para que no existan fugas de metano ya que son de los gases más dañinos para la atmosfera. Además, menciona Úrsula que resultan provechosas las inversiones en estas plantas porque también pueden ser utilizadas posteriormente para el hidrógeno verde.

El hidrógeno es el elemento químico más abundante del planeta tierra, por lo que es factible la producción del mismo hacia una alternativa sostenible con el medio ambiente para generar grandes cantidades de energía. Es sostenible, ya que cuando este elemento es quemado, deja tras de sí vapor de agua, no como las energías tradicionales de combustión que liberan gases de efecto invernadero.

Otra de las sanciones impuestas por parte de Estados Unidos hacia Rusia por la invasión a Ucrania, es la prohibición sobre todas las importaciones tanto de gas natural como de petróleo ruso y demás recursos energéticos provenientes de los rusos. Estados Unidos realizará inversiones en energías renovables para amortiguar esta sanción, además de que el país sí cuenta con reservas petroleras y reservas de gas natural, lo que le da la independencia sobre la importación energética por parte de Rusia.

Pandemia

En el año 2019 se reporta el primer caso de coronavirus, mejor conocido como la Covid-19. El primer caso se reporta en una ciudad de China, llamada Wuhan, entre los días 12 y 29 de diciembre del 2019, según las autoridades de Wuhan. El coronavirus lo define CNN Salud como:

> Los coronavirus son un gran grupo de virus comunes entre los animales. Estos pueden afectar a las personas, generalmente con una enfermedad leve o moderada del tracto respiratorio superior, similar a un resfriado común. Los síntomas del coronavirus incluyen secreción nasal, tos, dolor de garganta, posiblemente dolor de cabeza y quizás fiebre, que puede durar un par de días. (CNN Español, 2020).

Para el 1 de enero del 2020, las autoridades de China comienzan a cerrar el mercado mayorista de mariscos de Huanan, acción tomada a partir del descubrimiento que los animales salvajes vendidos en el mercado podrían ser la fuente del virus. Veintiún días después de que se cerrara el mercado mayorista de mariscos de Huanan, las autoridades cierran también los aeropuertos y las estaciones de ferrocarriles.

El coronavirus se ha extendido por toda Asia, y para el 24 de enero del 2020, se reportan los primeros casos de coronavirus en Europa, los cuales fueron ubicados en Francia. El total de casos para ese entonces a nivel mundial era de 1.287 casos. Seis días después, la Organización Mundial de la Salud declara a la Covid-19 como una emergencia internacional sanitaria.

Una vez que se considera al virus como una emergencia internacional, los países empiezan a cerrar sus fronteras. Por ejemplo, el 31 de enero del 2020 según CNN Salud, el presidente de los Estados Unidos informa que va a negar la entrada a los extranjeros que viajaron a China en las últimas dos semanas.

El virus sigue expandiéndose por todo el mundo, se reporta el primer caso de Covid-19 en Egipto el 14 de febrero del 2020. Cuatro días después de que se confirma el primer caso en Egipto, se informa que el total de personas fallecidos a raíz del virus en todo el mundo, según la Organización Mundial de la Salud con los datos recolectados, el total de fallecidos “llegaba” a los 2.000 casos.

A medida, que el virus se extiende por todo el mundo, la actividad económica y social comienza a cesar en todos los países. Se cierran restaurantes, hoteles, aeropuertos, fronteras, puertos, bares y discotecas, cine, librerías, y demás establecimientos en general. Asimismo, se

establece el toque de queda en los países, lo que implica que las personas no salen de sus casas por instrucciones de las autoridades o por decisión propia también.

Esta pandemia implicó un colapso importante de las economías de los países y de las economías internacionales. En cuanto a las economías de los países, al no haber dinero en las calles, los negocios cerrados sin poder operar, despidieron de sus trabajos a muchas personas, todo esto y más, provocó un colapso en las finanzas de las personas físicas y jurídicas y por ende en las economías nacionales.

Las economías internacionales también sufrieron un colapso importante, ya que los puertos se encontraban cerrados, las fronteras, los aeropuertos y demás rutas de logística. Las importaciones y las exportaciones se vieron considerablemente afectadas, por el cierre de las rutas, lo que perjudica a los ingresos de los países.

Además, no solamente el hecho de que las rutas se encontraban cerradas causó afectación sobre las economías internacionales, si no que como mencioné anteriormente, no había suficiente personal para abastecer la demanda de los mercados, por ejemplo, no había suficiente personal en los puertos para descargar los contenedores.

Ahora bien, haciendo énfasis en la electricidad, fue claramente perjudicada a raíz de la pandemia. Primeramente, no se contaba con suficiente personal en las empresas para la explotación y producción de materias primas importantes tales como el carbón, el gas natural, el petróleo, entre otras.

Al no contar con suficiente personal para la explotación de materias primas, se puede afirmar que la producción de estas disminuyó considerablemente. Se agrega también el hecho de que existían “cuellos de botella” en las rutas marítimas y terrestres, ya que no se podía descargar los contenedores por falta de personal y debido a las restricciones sanitaria de cada país.

Entonces a pesar de que la producción de materias primas disminuyó, de igual forma se enviaban los buques o camiones con gas natural, carbón o petróleo, los cuales son vitales para el abastecimiento de electricidad y energía a los consumidores. No obstante, cuando los cargamentos eran enviados, se encontraban con grandes dificultados de logística para llegar a su destino por las razones mencionadas anteriormente.

Al disminuir la producción de materias primas y al encontrar trabas en las rutas de logística, los precios de estas materias primas se dispararon, ya que existía una demanda cada vez mayor de

energía, mientras que la oferta se encontraba más limitada. Al existir un desbalance entre la oferta y la demanda, los precios se encuentran al alza y afectan a los consumidores finales.

Se debe tomar en cuenta que mientras la producción y movilización de las energías tradicionales de combustión se encuentra con diferentes trabas desde su explotación hacia su destino final, los consumidores, estos mismos se encuentran en un toque de queda y se encuentran encerrados en sus casas.

Los consumidores finales deben permanecer en sus hogares, lo que incide en una mayor demanda de energía y de electricidad por parte de cada uno de los hogares. Entonces, los precios de la electricidad se disparan, debido a que la oferta de las energías tradicionales se ve más limitada, no obstante, la demanda de las mismas incrementa considerablemente.

Los gobiernos de cada país se encuentran en problemas serios al no contar con el suficiente gas natural o carbón para abastecer la energía eléctrica, la cual se ha disparado por parte de todos los hogares. Esto incide en apagones mayores de electricidad en países de gran impacto económico para todo el mundo, por ejemplo, China, tema que se ampliará más adelante.

Crisis de los contenedores

La llamada crisis de los contenedores o la crisis de las cadenas de suministro, Ana María Roura, representando a BBC News, la define como "…una insólita escasez de espacio disponible para transportar los productos de Asia a Occidente" (Roura, p.1). Esta crisis está ligada con el desarrollo de la pandemia, debido a la COVID 19.

Alrededor del 80 al 90% del comercio mundial se moviliza, a través de las vías marítimas, en los contenedores. Es la vía más utilizada por temas las como el costo, la duración, los volúmenes, asimismo es preferido por parte de los comerciantes antes que otras vías de transporte precisamente por sus ventajas sobre las otras vías.

Primeramente, se debe ampliar el tema origen de esta crisis de los contenedores, cuyo origen es asiático, de China. El origen de esta crisis de contenedores es de China, y se va a ampliar sobre este tema para verdaderamente entender la crisis. Se puede comenzar a describir el origen con el dato que China tiene alrededor de 6 a 7 de los 10 de los puertos más grandes del mundo, si bien es cierto China es el mayor exportador del globo.

China es el abastecedor a nivel global actualmente sobre las principales manufacturas, sobre materias primas por ejemplo también, de hecho, China se conoce como una fábrica mundial.

Considerando estos tres factores mencionados anteriormente; la importancia del comercio vía marítima, el hecho de que China tiene más de la mitad de los puertos más importantes del mundo y también el hecho de que China es el mayor exportador del globo, se tiene el contexto para describir esta crisis.

Ahora bien, en diciembre del 2019 surge la Covid-19 precisamente en China, específicamente en la ciudad de Wuhan, las primeras medidas sanitarios empleadas por el gobierno de China es cerrar las operaciones comerciales, las operaciones portuarias, además de eso que empiezan a hacer cuarentenas.

Entonces el primer antecedente de la crisis de los contenedores es que en China surge la pandemia de la Covid-19. En China se detiene la descarga de contenedores vacíos que retornar principalmente de los mayores consumidores a nivel mundial que es la zona Europa y la región norteamericana y también se detiene la carga de los contenedores con materias primas y manufacturas por la suspensión de las operaciones de China.

Ahora bien, los buques y los barcos van de puerto en puerto por todo el mundo y existen diferentes rutas ya establecidas en una circulación continua, donde unos buques van hacia un sentido, y otros buques van hacia el otro sentido. En el momento en que uno de los puertos cesa sus operaciones portuarias, se origina un “cuello de botella”.

A este respecto, se forma un “cuello de botella” porque los barcos que se encontraban circulando en su ruta con destino hacia China, se están viendo en la complicada situación de parar ahí porque no había descargas de contenedores en los diferentes puertos de China, lo que es una afectación enorme. Como se mencionó anteriormente, China tiene más de la mitad de los puertos más importantes del globo, lo que en el momento en que estos puertos cesan sus operaciones de descarga de contenedores, se forma un origina un atascamiento muy significativo.

En estos contenedores que estaban “parados” porque no podían hacer sus descargas y demás, vienen materias primas y recursos de energías tradicionales de combustión, por ejemplo, petróleo, gas natural licuado, carbón, entre otros. El hecho de que estos contenedores con materias primas importantes estuviesen parados, generó problemas grandes en cuanto a la disponibilidad de electricidad del país importador, así como el incremento considerable de los precios de la electricidad precisamente por el estancamiento en cuanto a la movilización de estos recursos energéticos.

Ahora bien, en un momento dado, se produjo un “cuello de botella”, debido a los barcos cargados y parados sin poder realizar la descarga de los contenedores. Sin embargo, en el momento en el que China implementó las medidas de emergencia sanitaria y estas fueron acatadas por los habitantes, la situación en China comenzó a mejorar.

A mediados del 2020, en China se empieza a mejorar “económicamente hablando”, o sea que las fábricas fueron abiertas nuevamente, los puertos reactivan sus operaciones portuarias, los comercios también retoman sus operaciones comerciales, etc. No obstante, el virus Covid-19 más bien se expande al resto del mundo cuando China ya empieza a reactivar su economía.

Según confirma el experto en comercio internacional, Fernando Orozco, de los movimientos más importantes del comercio vía marítima se da con la parte asiática, China específicamente, con los países de Europa y con los países de Norte América. Entonces, China retoma sus operaciones comerciales y portuaria, ya que su situación con el virus mejoró, sin embargo, el virus se expande a Europa y América.

Mientras que China retoma sus operaciones comerciales vía marítima y reactiva su economía, los países de Europa y de Norte América, los cuales reciben el mayor número de contenedores desde China, contrariamente comienzan a cerrar sus puertos y sus operaciones comerciales vía marítima, lo que causa un desfase.

Con esta situación, se crea un efecto inverso. Había numerosos barcos con contenedores sin movilizarse en China, esperando poder realizar las descargas de los contenedores, sin embargo, China reactiva sus operaciones y empieza el efecto inverso. Ahora, los buques van cargados desde China hacia la parte europea y hacia Norte América con materias primas y productos.

Cuando estos buques se envían desde China hacia Europa y América, para desatorar precisamente el “cuello de botella” existente en China, ahora por el contrario, llegan estos buques desde China y los cuellos de botella surgen en los puertos de Europa y en los puertos americanos. Esto crea un desbasto realmente considerable.

Se crea un desabasto de contenedores porque estos no llegan desde China por el cuello de botella que surge ahí y pues no van a llegar a Europa y a América, por ejemplo. Por este incidente en cual no se dispone de contenedores, los precios se elevan. Por ejemplo, menciona Vicente Nieves en un artículo de *El Economista* redactado el 15 de febrero del año 2021 lo siguiente:

> Según el índice de Shanghái (SCFI), el flete ronda los 2.900 dólares para los contenedores de veinte pies (TEUS), lo que supone casi el triple de los 1.000 dólares registrados en la primera semana de enero de 2020 y 3,6 veces más que el

> mínimo de 800 dólares de mediados de abril del año pasado cuando, en plena cierre de la economía de occidente, las navieras empezaron a parar buques. El contenedor de cuarenta pies, de referencia en EEUU, ronda los 5.200 dólares frente a los 1.800 dólares de principios del año pasado. (Nieves, p. 1).

Los precios se elevan, debido al efecto de la escasez de los contenedores. Los contenedores que quedaron en Europa y América mientras que la mayoría se encontraba en estancados en China, se revaluaron y el precio encareció porque Europa y América se encontraban escasos de contenedores. A raíz de los elevados precios surgen numerosas consecuencias que causan que la situación se empeore exponencialmente.

Una de las consecuencias a partir de la subida de precios es que las empresas de contenedores y de logística, comienzan a exigirle al mercado nuevas condiciones a raíz de lo que está sucediendo, de manera que estas empresas se empiezan a intentar aprovisionarse de las mercancías como materias primas con pedidos más grandes y exigentes.

En el momento en el que los precios de las operaciones comerciales vía marítima de los países se elevan, también se le suma el hecho de que la demanda crece y la oferta va a bajar. Ejemplo, con la pandemia, las personas empiezan a trabajar en sus casas, lo que requiere de más energía eléctrica para usar los artefactos y aparatos tecnológicos como herramientas para el trabajo.

Al necesitar más el uso de la electricidad en casa, las personas necesitan de más gas natural para generar electricidad, no obstante, la importación de materias primas como el gas natural se torna difícil por la situación portuaria a raíz de la pandemia, por lo que las personas jurídicas disminuyen su actividad exportadora de materias primas, a razón de los altos precios de los contenedores y de los fletes para su debida exportación.

Otra de las consecuencias es que el costo de vida para las personas se vuelve bastante más elevado debido a que sube la inflación. Por esta alza en los precios de las actividades comerciales marítimas, las empresas, países o las personas físicas venden sus productos más caros, por ende, compran los productos también más caros y se incrementa el costo de vida.

Otro de los factores considerados importantes, según Orozco es el hecho de que los puertos no estaban preparados a nivel de infraestructura para recibir y gestionar un “cuello de botella” importante a nivel mundial. Asia tiene de los puertos más sofisticados a nivel mundial, por ejemplo, el Puerto de Shanghái en noviembre del 2020 superó su propio récord en cuanto a la capacidad de carga que tienen los contenedores estándares de 20 pies, siendo este el puerto más importante del mundo, según el analista Ricardo Aguilar.

Entonces, si China tiene más de la mitad de los puertos más grandes del mundo y con la capacidad a nivel de infraestructura, y de igual forma enfrentó de los cuellos de botella más difíciles de la historia, los puertos menos preparados para este volumen de contenedores parados sufrieron todavía más las consecuencias del estancamiento, así como todas las partes involucradas para la exportación de cada contenedor.

Como se menciona también anteriormente en la sección en la cual se explica el acontecimiento global que fue la pandemia, debido al virus Covid-19 es producto de esta pandemia que se crea una falta importante de personal y mano de obra en los distintos comercios y en las distintas operaciones comerciales.

Uno de los sectores más afectados por esta falta de personal y de mano de obra debido a la pandemia, es el sector de logística. No hay suficientes operadores en los puertos o mano de obra para manejar los contenedores de los puertos a las tiendas, o no hay suficiente personal para las tripulaciones de los barcos encargados de transportar los contenedores hacia los puertos.

Entonces, ya en sí el problema sobre la descarga de los contenedores en los puertos es preocupante, sino que también ahora que ya se comienzan a mejorar las condiciones del comercio internacional y se realizan las descargas de los contenedores al ir disminuyendo los “cuellos de botella”, ahora no hay suficiente personal en los puertos o de las terceras partes para gestionar el transporte de los contenedores y llevárselos del puerto.

Haciendo énfasis en los efectos de la crisis de los contenedores en las energías tradicionales de combustión, se visualizan consecuencias perjudiciales para todos los involucrados, desde la explotación de los recursos hasta los consumidores finales. Se debe enfatizar el hecho de que en general, las cadenas de suministro y abastamiento han sufrido una afectación considerable por la crisis en la logística a nivel mundial.

Primeramente, una de las razones por la cual la explotación de los recursos de energías tradicionales de combustión disminuyó, es precisamente por la crisis de los contenedores. Al disminuir las operaciones comerciales vía marítima y de transporte en general por los elevados precios, disminuye también la explotación y la producción de estas energías, ya que es difícil para las empresas hacerles frente a los precios de logística.

Al haber “cuellos de botella” en los puertos alrededor del mundo, dificulta además la descarga de los contenedores de materias primas como el gas natural licuado, el carbón y el

petróleo, debido a la fila de buques que se crea, esperando a poder realizar la descarga de los contenedores a bordo.

En este orden de ideas, se debe considerar también la falta de personal que se encarga de recoger los contenedores en los puertos y transportarlos hacia su destino final, y al crearse esta escasez de personal, suben los sueldos para contrataciones y esto influye también en las decisiones de las empresas para exportar la mercancía de materias primas.

Tomando en cuenta en una perspectiva general, el alza en los precios en la cadena de suministro y logística provoca que las importaciones de las materias primas se encarezcan, lo que sube a su vez las facturas de energía de todos los consumidores finales se van a inflar, y en épocas del año como el invierno donde necesitan de la calefacción, muchos de los consumidores no van a poder hacerle frente a las facturas.

Ahora bien, las energías limpias y renovables surgen como una alternativa factible para hacerle frente a los precios elevados de energía producto de la crisis de los contenedores. Esto, se posibilita por el simple hecho de que las energías tradicionales necesitan de los recursos naturales los cuales no están disponibles en todos los países.

Por este motivo, es que se recurre a la importación de recursos como el gas natural licuado, el carbón, el petróleo, entre otros, ya que existen países que no disponen de estos recursos y necesitan acudir a la importación de estos para proveerles electricidad a sus habitantes. En cambio, todos los países disponen de las energías renovables y limpias, en todos los rincones del planeta se encuentra el sol, agua, tierra y viento.

Al hacer uso de las energías renovables, ya existe una posibilidad de no depender de la importación de las materias primas, cuyos precios experimentan un comportamiento al alza, brusco, y que, en definitiva, las facturas finales de electricidad son mucho más bajas con el uso de energías renovables antes que con el uso de las energías tradicionales de combustión.

Restricciones de China sobre la energía

Uno de los acontecimientos mundiales de más relevancia sobre la crisis de energía eléctrica en todo el mundo es la actual crisis energética en China y sus restricciones derivadas de la misma para amortiguar los efectos de la crisis y alivianar la carga económica de sus consumidores, así como concientizar sobre los efectos en el medio ambiente y tornarse una economía más sostenible con el medio ambiente.

La principal razón por la cual surge una crisis de electricidad severa en China es a partir de la escasez del carbón, ya que ha aumentado la demanda del carbón para generar más electricidad, especialmente en una era altamente desarrollada a nivel digital y tecnológico donde las viviendas demandan más uso de electricidad, y el gobierno chino no puede brindar más electricidad.

Con la alta demanda del carbón, pero con una oferta baja en el mismo, se provoca una escalada considerable en los precios del carbón, por lo que muchos habitantes de China no pueden asumir sus deudas de electricidad, por lo que sucumben entre las consecuencias del desbalance de la oferta y la demanda del carbón.

Ahora bien, aunque China "hipotéticamente hablando" pudiese brindarles a todos sus habitantes la electricidad que necesitan a los precios de antes de la pandemia, de igual forma las organizaciones internacionales han presionado a China para disminuir con urgencia la emisión de dióxido de carbono.

Actualmente, China es el responsable por el 31% de las emisiones de dióxido de carbono en todo el mundo, así lo fue durante el año 2021, según el periódico *El Mundo*. El resultado en millones de toneladas métricas de dióxido de carbono (CO2) en el año que terminó en marzo de 2021, fueron 12.000 millones, según un reportaje de CNN noticias.

Las autoridades de China han tomado determinaciones importantes como ordenar racionamientos durante las horas en las que más se consume electricidad por parte de todos los hogares en la parte noroeste de China, de manera que se ahorre energía, no obstante, estos apagones constantes han incidido en diversas consecuencias tanto para las personas como para el ámbito económico.

En cuanto a las consecuencias derivadas para los consumidores, primeramente, se debe tomar en cuenta que ciertas partes de China, las temperaturas son muy bajas y las personas hacen uso de la calefacción para mantener a sus familias protegidas del frío. Por ejemplo, en una de las ciudades de China se ha prohibido el uso de ciertos artefactos electrodomésticos.

Se ha prohibido el uso de artefactos electrónicos que generen un alto consumo de electricidad como por ejemplo los calentadores de agua, hornos y microondas durante las horas en las cuales se consume mayor electricidad, por lo que los hogares y los consumidores a partir de las 4 de la tarde no hacen uso de estos artefactos para reducir el gasto energético.

Ahora bien, a nivel comercial y económico, las fábricas en centros industriales se han visto afectadas durante semanas debido a estos apagones. Esto provoca que varios proveedores

internacionales importantes, detuvieras las operaciones en las fábricas que tienen abiertas en China y que varias empresas las cuales cotizan en Taiwán y que tienen negocios en China tuvieron que cesar sus operaciones también para cumplir con las indicaciones de las autoridades sobre los racionamientos.

Analistas financieros y económicos de China, han advertido que los suministros a nivel mundial de la industria de textiles y de juguetes podrías sufrir afectaciones mayores debido al impacto que tiene la escasez del suministro de energía eléctrica chino, y tomando en cuenta el hecho de que China es el mayor exportador del globo, esta crisis se expandirá a los mercados globales.

Según CNN noticias, en un reportaje publicado el 30 de septiembre del 2021, 15 empresas las cuales cotizan en la bolsa china han reportado que la producción de las mismas se ha visto interrumpida y afectada considerablemente por los apagones. Estas empresas se dedican a la producción de elementos importantes como el aluminio, productos químicos, muebles, entre otros, por lo que estos apagones realmente afectan a todas las industrias.

Otro de los acontecimientos que ayuda a que los precios del carbón se disparen, es la disputa de China con Australia. La disputa se refiere a que Australia, que es el segundo mayor exportador de carbón en el mundo, hace una oferta a China sobre venta de carbón, no obstante China se rehúsa a comprarles carbón.

Las relaciones entre China y Australia han estado tensas, lo confirma un reportaje de *The World Energy Trade*, publicado de 7 de julio del 2021, el cual explica lo siguiente:

> Las relaciones entre China y Australia se volvieron tensas el año pasado después de que Canberra impulsara una investigación internacional sobre el origen del coronavirus sin consultas diplomáticas previas, y Pekín acabara respondiendo con una serie de bloqueos comerciales sobre diferentes productos y materias primas, incluido el carbón. (WET, 2021).

En un momento tan delicado como la escalada de precios de la materia prima por los efectos de la pandemia, la crisis de los contenedores, la crisis de energía, entre otros, China ha tomado la determinación de dejar de lado el carbón de Australia, y esto ha traído consecuencias para China porque se ha aumentado las alternativas de carbón de calidad más baja y justo cuando la demanda alcanza su punto máximo.

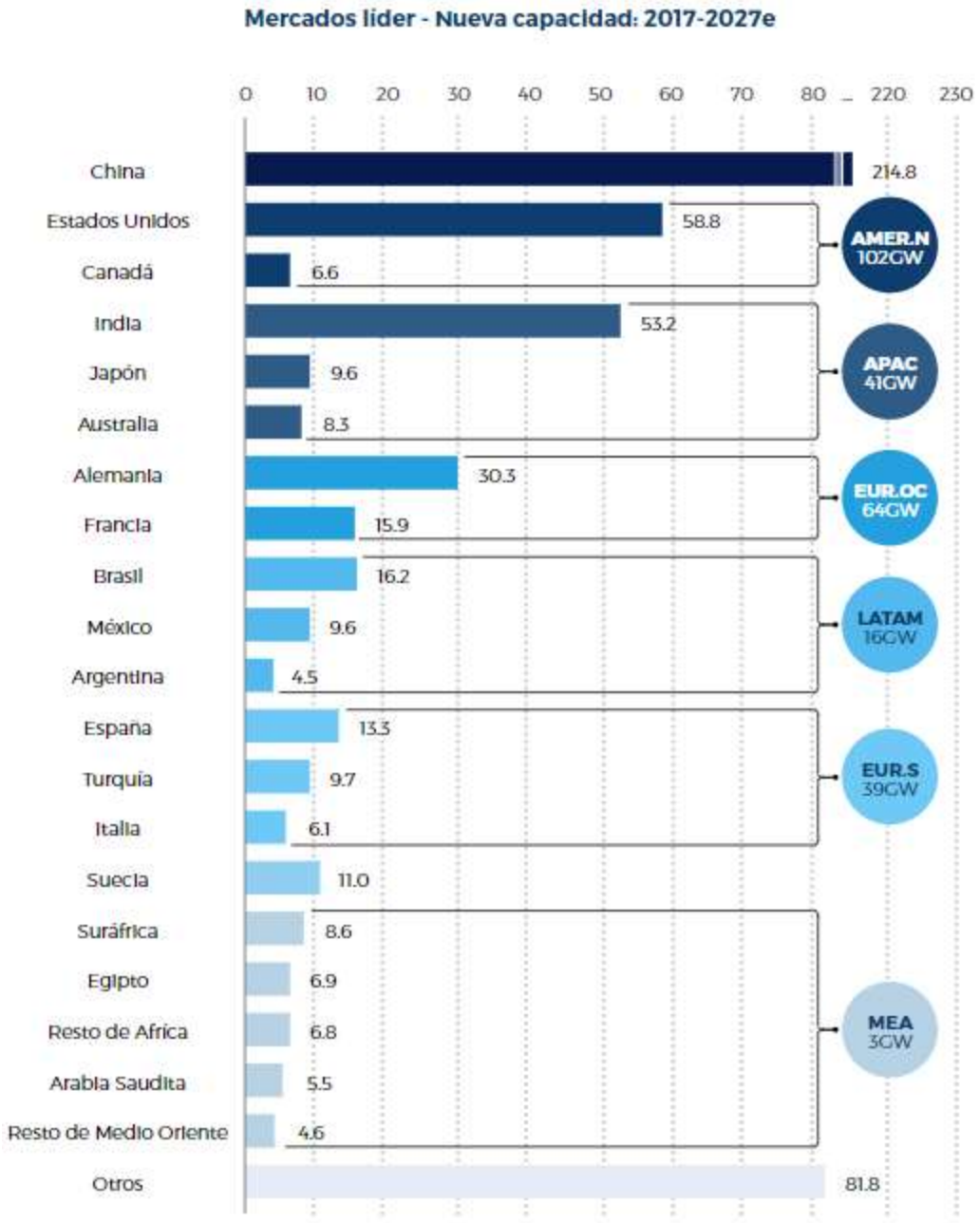
Ahora bien, la Corporación Estatal de Red Eléctrica de China junto con las autoridades de China, han afirmado que se reforzará la agenda de energías renovables a un nivel mayor para

disminuir la dependencia de las energías tradicionales de combustión como el carbón y el gas natural. Actualmente, China es el líder mundial del uso de las energías renovables, a continuación, tres imágenes del *Inter-American Development Bank* que corroboran lo dicho anteriormente.

En cuanto a energía eólica:

Figura 7.

Perspectiva Global – Capacidad Energía Eólica



Nota: La figura se refiere a la perspectiva global en capacidad de energía eólica. Fuente: Inter-American Development Bank

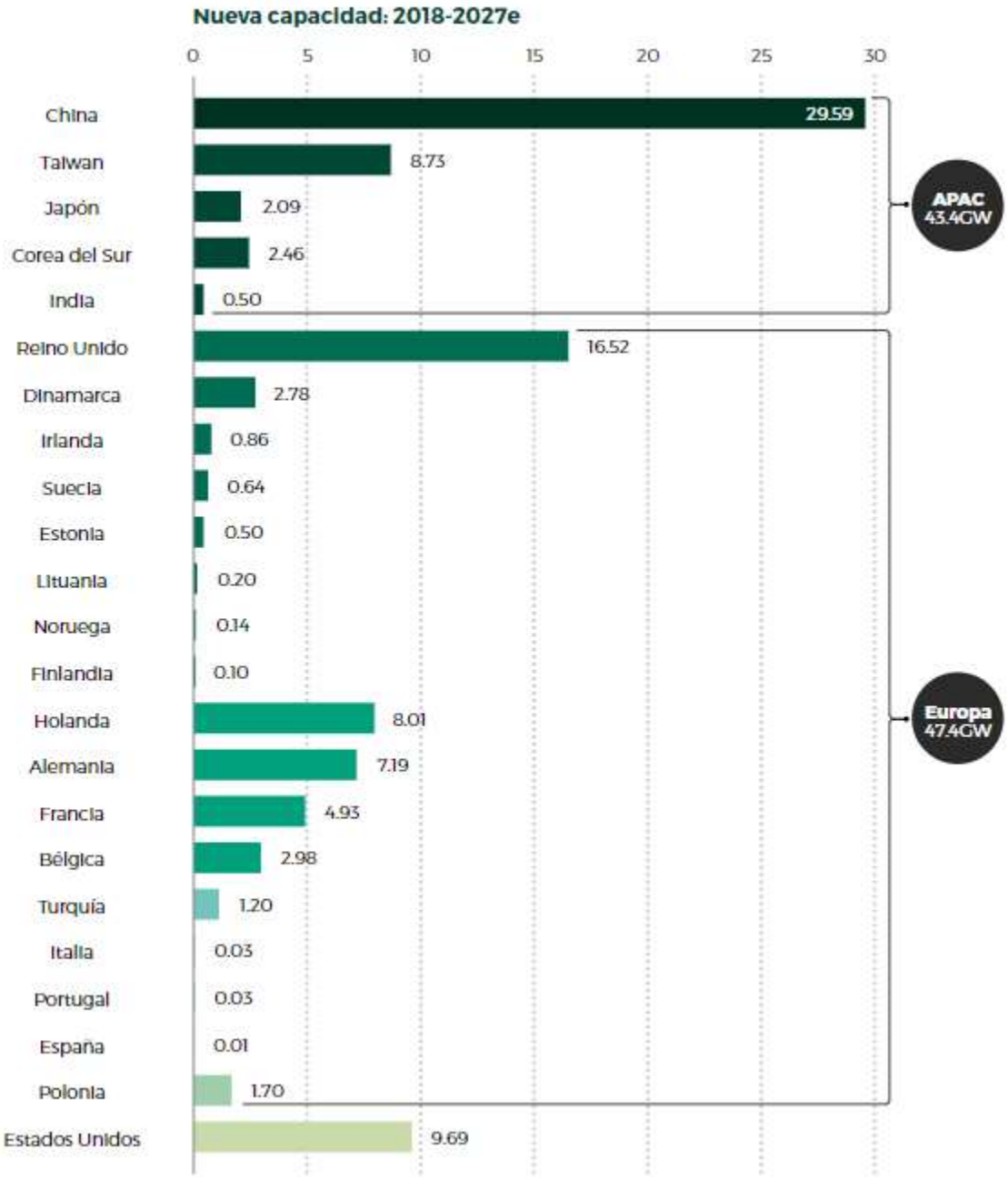
Según se observa en la figura anterior, se evidencia que China es el líder a nivel mundial con aproximadamente el 40% de interconexión de la capacidad de generación de energía eólica en

su territorio, seguido por los Estados Unidos que ha obtenido un desarrollo importante en esta materia

En cuanto a la energía eólica marina:

Figura 8.

Perspectiva Global – Capacidad Energía Eólica Marina



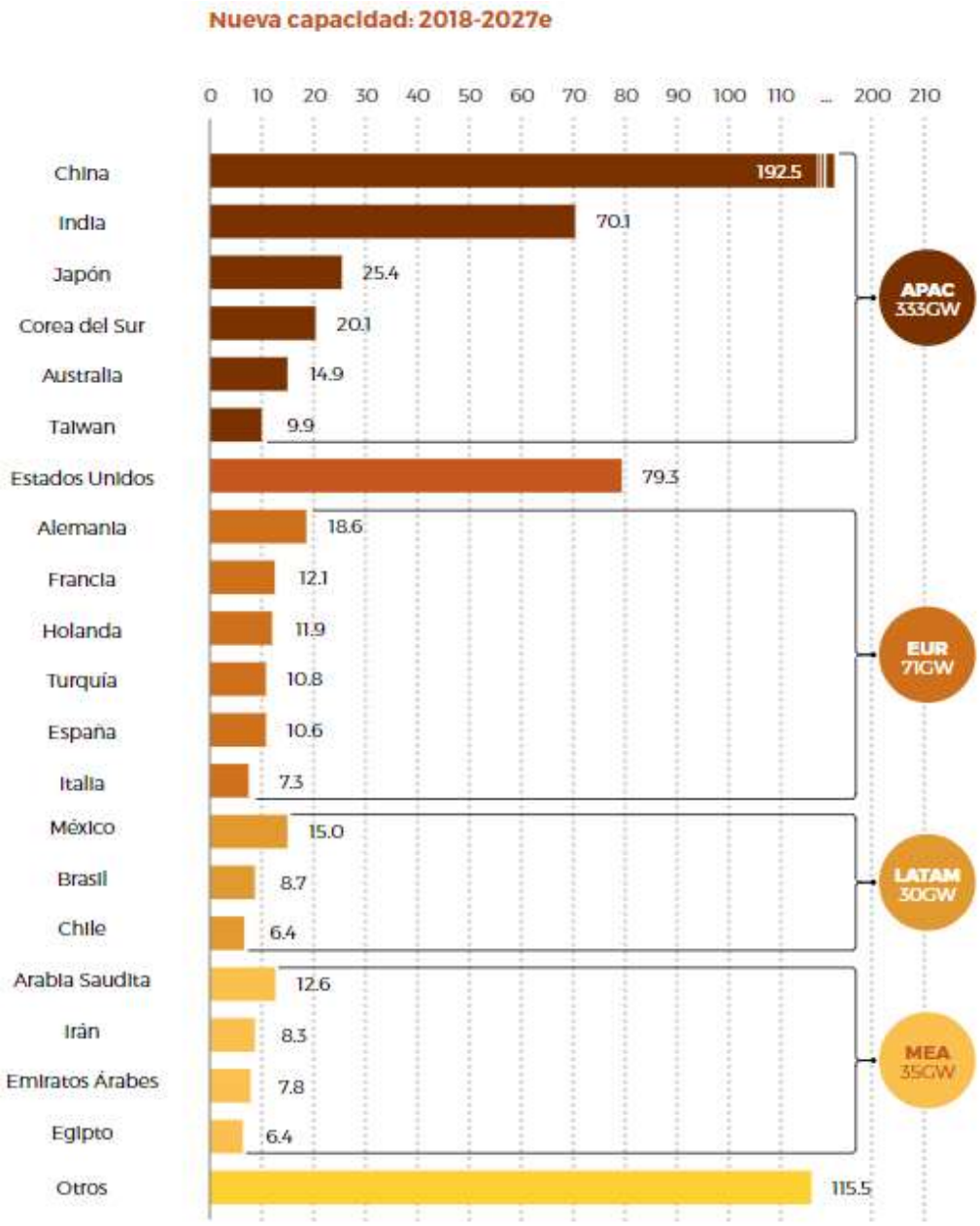
Nota: La figura se refiere a la perspectiva global en capacidad de energía eólica marina. Fuente: Inter-American Development Bank

Se puede visualizar a partir de la figura anterior, que China predomina como el líder mundial en cuanto a la energía eólica marina sobrepasando los 29 GW de capacidad instalada y China actualmente ha logrado concentrar aproximadamente el 90% a nivel global de la capacidad instalada.

En cuanto a la energía solar fotovoltaica, que es la que resulta más relevante para el presente estudio:

Figura 9.

Perspectiva Global – Capacidad Energía Solar Fotovoltaica



Nota: La figura se refiere a la perspectiva global en capacidad de energía solar fotovoltaica. Fuente: Inter-American Development Bank

A partir de la figura anterior, se puede concluir que, en cuanto a la energía solar fotovoltaica, China es el líder mundial por lo que resulta de alta relevancia la crisis de energía eléctrica en China y su agenda de promover todavía más el uso de energías renovables para

amortiguar la crisis, especialmente la energía fotovoltaica. El *Inter-American Development Bank* menciona lo siguiente:

> China continuará siendo crucial para la demanda global, con su participación del mercado cayendo del 55% en 2017 al 19% en el 2023. Sin embargo, el mercado global va a diversificarse, motivado por subastas competitivas para proyectos conectados a red en mercados emergentes de América Latina, Medio Oriente y África. (IDB, 2019)

Capítulo III

Marco Metodológico

Definición del Enfoque

El enfoque del proyecto es un enfoque cualitativo con rasgos cuantitativos, ya que necesita tomar en consideración resultados cualitativos, así como resultados cuantitativos. Por ejemplo, se requiere investigar sobre las diferentes culturas a nivel mundial que pueda proveer un estatus político donde se toman ciertas decisiones sobre el manejo de las energías renovables, conocer si pueden exportarse, si existen monopolios que puedan objetar de alguna forma, etc.

Durante esta investigación son pertinentes otros datos cualitativos como la descripción de los procesos de implementación y construcción de las plantas solares fotovoltaicas, de manera que se pueda expresar qué tipos de paneles solares resultan más convenientes para la producción de energía solar, recurriendo a la necesidad de explicar ciertas características que permitan entender por qué hay materiales que resultan mejor que otros.

También se abarca el enfoque cuantitativo, y este es realmente importante, ya que se necesita cuantificar aproximadamente la capacidad de producción de estas plantas solares fotovoltaicas, de producción de energía eléctrica, y contrastarlo con la cantidad de energía eléctrica que necesita una comunidad, por ejemplo, de manera que se pueda presentar cierta factibilidad que las plantas fotovoltaicas puedan abastecer a las comunidades.

Tal y como lo señalan Teddlie y Tashakkori (2009), “un enfoque mixto es un tipo de investigación, en la que se utilizan enfoques cualitativos y cuantitativos en los tipos de preguntas, la recolección de data, los procedimientos de análisis y las inferencias”. (p.7).

Diseño de la Investigación

La investigación que se plantea es una investigación no experimental, ya que los modelos de valoración ya existen y es un proyecto que se basa en lecturas, análisis, especulaciones, opiniones de expertos, entre otros aspectos, de manera que el proyecto no necesita de un experimento *per se*.

De acuerdo con Toro Jaramillo y Parra Ramírez (2006), “la investigación no experimental es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables, (…), donde no hacemos variar intencionalmente las variables independientes”. (p. 158),

Métodos de Investigación Utilizados

Los métodos utilizados para esta investigación son los métodos analíticos y deductivos, ya que se debe analizar todas las partes convenientes y relacionadas al funcionamiento de un módulo

solar fotovoltaico, que en conjunto, puedan proveer energía eléctrica suficiente para las comunidades, de manera que sea posible determinar a través de este análisis, si es realmente factible proveer la energía eléctrica y deducir si es una opción viable como alternativa al uso de las energías tradicionales de combustión.

Según Pablo Orellana (junio 2020) "El método analítico es un proceso que requiere de observación constante en cada etapa, independientemente de que una de ellas lleve dicho nombre. Al mismo tiempo, la experimentación es crucial para determinar comportamientos de la muestra analizada. Tanto como un proceso, así como también, como diferentes partes que componen el proceso." (p. 1).

Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo descriptiva, así como exploratoria. Inicialmente, se busca describir el funcionamiento de las plantas solares fotovoltaicas, desde su teoría, sus bases, y su puesta en marcha desde un punto de vista estratégico que pueda proveer una solución alternativa a la problemática ambiental y a la crisis energética mundial. Entonces, al obtener la investigación descriptiva de todo el proceso que conlleva el funcionamiento de las plantas solares fotovoltaicas, va a considerarse un apoyo para la parte exploratoria.

De acuerdo con Bernal Torres (2006), "la investigación descriptiva se soporta principalmente en técnicas como la encuesta, la entrevista, la observación y la revisión documental." (p. 113).

Entonces, por el tipo de investigación exploratoria, se tiene como objetivo principal el poder estudiar las plantas de módulos fotovoltaicos que realmente es un tema que recientemente ha recibido respuestas muy positivas ante su uso y es un negocio que está creciendo de forma ascendente con el psar de los años, lo que permite que la investigación exploratoria tenga suficientes bases.

García Ferrer (2006) indica que "el objetivo principal de los diseños exploratorios es el de proporcionar ideas. Ideas que no han surgido en la búsqueda de fuentes secundarias o ideas, que si bien, sí surgieron en esta búsqueda, no están totalmente perfiladas." (p. 42).

Sujetos de Estudio y Fuentes de Información

Sujetos de Investigación

Es la definición de quiénes son las personas objeto de estudio, también se le conoce como población o universo. Según Barrantes 2005 “la población: conjunto de elementos que tienen características en común… pueden ser finitas e infinitas” (página 135).

Los sujetos de estudio para la presenta investigación, son las personas que se entrevistaron y cuyos resultados obtenidos sirven para analizar la operación de las diferentes plantas solares fotovoltaicas ubicadas en diferentes regiones de manera que permitan concluir concretamente si es viable la premisa principal de esta investigación.

Se necesita tomar en cuenta las plantas fotovoltaicas de varias regiones para así determinar si las condiciones de ciertas plantas fotovoltaicas permitieron mejores resultados sobre las otras, o sea, que se pueda evaluar si realmente el contexto en el que se desenvuelve la operación va a perjudicar de alguna forma sus resultados.

Fuentes de información

Fuentes Primarias

Bounocore (1980) define a las fuentes primarias de información como “las que contienen información original no abreviada ni traducida: tesis, libros, nomografías, artículos de revista, manuscritos. Se les llama también fuentes de información de primera mano…” (p. 229).

Como fuentes primarias de la presente investigación, se van a utilizar la entrevista y la observación directa. En cuanto a la entrevista, se le realizará al economista y vicepresidente de la Junta Directiva en Cámara de Bancos y Entidades Financieras, Luis Ángel González Magán. Luis Ángel González Magán en su cargo de gerente general de Grupo Financiero CAFSA, mantiene intereses con las energías renovables.

La razón por la cual se eligió a Luis Ángel González para realizar la entrevista es porque tiene el conocimiento sobre la economía a escala mundial, de manera que conoce la situación sobre la crisis energética mundial, y también conoce sobre el negocio de energía solar al tener un interés en las energías limpias, por lo que es considerado una persona adecuada para realizar la entrevista, principalmente por su conocimiento económico mundial sobre la crisis energética.

Ahora bien, para reforzar la parte del módulo solar fotovoltaico como tal, usaremos la herramienta de observación directa como segunda fuente primaria. Se observará el

comportamiento del módulo fotovoltaico, de manera que se podrá visualizar su función del efecto fotovoltaico, captando la radiación de la luz solar y obteniendo como resultado la corriente eléctrica.

Fuentes Secundarias

Como fuentes secundarias para la presenta investigación, se utilizarán principalmente las tesis e investigaciones relacionadas con el tema teórico y práctico de las plantas solares fotovoltaicas, así como los artículos e investigaciones que abarquen el tema de la crisis mundial energética, con el fin de contrastar la información disponible con los resultados de las dos herramientas de fuente primaria.

Según Bernal Torres (2006), las fuentes secundarias de información "son todas aquellas que ofrecen información sobre el tema por investigar, pero que no son la fuente original de los hechos o las situaciones, sino que solo los referencian." (p.175)

Población y Muestra

La población del presente proyecto es una población infinita, ya que se usará de ejemplos las plantas solares fotovoltaicas en diferentes regiones y continentes para poderlas contrastar entre sí y obtener mejores resultados para las conclusiones, siendo un ejemplo el contexto político y legal sobre la energía solar.

Según, lo define Pedro Luis López, la población "es el conjunto de personas u objetos de los que se desea conocer algo en una investigación. "El universo o población puede estar constituido por personas, animales, registros médicos, los nacimientos, las muestras de laboratorio, los accidentes viales entre otros." (2004, p.1). López también define la muestra como "… un subconjunto o parte del universo o población en que se llevará a cabo la investigación." (2004, p. 1).

Tipo de Muestreo

El tipo de muestreo que se va a utilizar a partir de la selección de la población del presente trabajo es el muestreo no probabilístico o no aleatorio, debido a que los elementos de la población serían seleccionados de una forma subjetiva, a juicio del investigador, y debido a la naturaleza del tema principal, resulta difícil obtener la muestra por el otro método probabilístico o aleatorio, por ejemplo.

Según lo definen Tamara Otzen y Carlos Manterola "…en las técnicas de muestreo de tipo no probabilísticas, la selección de los sujetos a estudio dependerá de ciertas características, criterios, etc. que él (los) investigador (es) considere (n) en ese momento" (2017, p. 2).

Confiabilidad y Validez

Solamente es posible determinar el margen de error, a través del uso de una muestra aleatoria o probabilística, y es gracias al porcentaje de margen de error, que se determina el nivel de confiabilidad del muestreo. Esta investigación, al utilizar el tipo de muestreo no probabilístico o no aleatorio, no es posible determinar el nivel de margen de error y por ende el nivel de confiabilidad.

A este respecto, el grado de validez presente en esta investigación no es realmente alto, porque se desconoce el margen de error y el nivel de confianza. Sin embargo, las herramientas de las fuentes primarias, como la entrevista y la observación directa, serán llevado a cabo con detalle y precisión para otorgarle más validez a la presente investigación.

Gerardo Prieto y Ana Delgado definen el 2010 "La fiabilidad se concibe como la consistencia o estabilidad de las medidas cuando el proceso de medición se repite. Por ejemplo, si las lecturas del peso de una cesta de manzanas varían mucho en sucesivas mediciones efectuadas en las mismas condiciones, se considerará que las medidas son inestables, inconsistentes y poco fiables." (p. 67).

Instrumentos y Técnicas de Investigación

Como uno de los instrumentos principales de la presente investigación, se utilizará la entrevista con el fin principal de entender la situación actual de la crisis energética mundial, en el contexto de las energías tradicionales de combustión. Como se mencionó anteriormente, la entrevista se le aplicará al economista Luis Ángel González Magán por su conocimiento en la economía mundial y además por sus intereses en las energías renovables y limpias, lo que lo hace un candidato muy acertado para desarrollar la entrevista.

Pilar Folgueiras Bertomeu define a la entrevista como "…una técnica de recogida de información que además de ser una de las estrategias utilizadas en procesos de investigación, tiene ya un valor en sí misma" (Folgueiras, p.1, 2016)

El segundo instrumento principal es el de la observación directa, para visualizar la operación y la funcionalidad de los paneles solares, de manera que se pueda evidenciar lo investigado a nivel teórico anteriormente en esta investigación y obtener resultados sobre la

viabilidad del módulo fotovoltaico para generar corriente eléctrica a través de la captación de la energía solar.

La observación directa, según Ernesto Rivas González, se puede definir como:

> Es aquella en que el investigador observa directamente los casos o individuos en los cuales se produce el fenómeno, entrando en contacto con ellos; sus resultados se consideran datos estadísticos originales, por esto se llama también a esta investigación primaria. (Rivas, p.1, 1997)

Rojas Soriano, (1996-197) señala al referirse a las técnicas e instrumentos para recopilar información como la de campo, lo siguiente:

> Que el volumen y el tipo de información-cualitativa y cuantitativa- que se recaben en el trabajo de campo deben estar plenamente justificados por los objetivos e hipótesis de la investigación, o de lo contrario se corre el riesgo de recopilar datos de poca o ninguna utilidad para efectuar un análisis adecuado del problema.

Operacionalización de Variables

A continuación, se presentará una tabla de variables, donde se procede a describir puntualmente los objetivos planteados al inicio de esta investigación, con el fin de fundamentar los objetivos.

Tabla 1.

Operacionalización de Variables

Objetivo específico	**Variable**	**Definición Conceptual**	**Definición Instrumental**	**Definición Operacional**
Determinar el *modus operandi* de las plantas solares fotovoltaicos para un mayor entendimiento del modelo de negocio.	Modus operandi	Manera especial de actuar o trabajar para alcanzar el fin propuesto. (*RAE)*	Observación directa Entrevista	Esta variable pretende dar a conocer el comportamiento y funcionalidad de los módulos fotovoltaicos.
Objetivo específico	**Variable**	**Definición Conceptual**	**Definición Instrumental**	**Definición Operacional**

Definir los aspectos beneficiosos y las desventajas sobre este modelo de negocio.	Beneficios y desventajas	Beneficio: utilidad o provecho. (*RAE)* Desventaja: Mengua o perjuicio que se nota por comparación de dos cosas, personas o situaciones. (*RAE*)	Entrevista	Al definir los beneficios y las desventajas de los módulos fotovoltaicos, se podrá determinar si es más beneficioso que desventajoso o viceversa.
Objetivo específico	**Variable**	**Definición Conceptual**	**Definición Instrumental**	**Definición Operacional**
Medir aproximadamente el valor tangible e intangible del modelo de negocio.	Valor tangible e intangible	Tangible: Que se puede percibir de manera precisa. (*RAE*) Intangible: Que no debe o no puede tocarse. (*RAE)*	Entrevista	Se expondrá las inversiones iniciales de las plantas fotovoltaicas, así como sus ganancias y se expondrá su valor cualitativo también.

Nota: La tabla anterior se refiere a la operacionalización de variables. Fuente: Elaboración Propia

Capítulo IV

Técnicas y proceso para el análisis de resultados

A continuación, se presenta el cuarto capítulo de la investigación, que corresponde al análisis de resultados sobre las dos principales herramientas de investigación a utilizar en este proyecto. Las dos herramientas de investigación utilizadas, según se mencionaron anteriormente, son la observación directa y la entrevista.

Según, el licenciado José Pérez Leal, el análisis de resultados podría definirse de la siguiente manera:

> El análisis de resultados consistirá en explicar los resultados obtenidos y comparar estos con datos obtenidos por otros investigadores, es una evaluación crítica de los resultados desde la perspectiva del autor tomando en cuenta los trabajos de otros investigadores y el propio. El análisis de resultados es sencillamente entrelazar los datos y resultados que se encontraron en la investigación con los datos o información de la base teórica y los antecedentes. (p. 1, 2010).

La observación directa se escogió principalmente como definición instrumental para el primer objetivo específico "Determinar el *modus operandi* de las plantas solares fotovoltaicos para un mayor entendimiento del modelo de negó la razón por la cual se escogió esta herramienta para este objetivo específico es porque se debe observar que efectivamente lo que se investigó en materia teórica sobre el funcionamiento de las celdas solares, es verídico.

Según Zapata, la herramienta de observación directa se puede definir de la siguiente manera: "… las técnicas de observación son procedimientos que utiliza el investigador para presenciar directamente el fenómeno que estudia, sin actuar sobre él esto es, sin modificarlo o realzar cualquier tipo de operación que permita manipular." (Zapata, 2006, p. 145).

En cuanto a los otros dos objetivos específicos, como definición instrumental, la herramienta de investigación escogida fue la entrevista. La entrevista fue escogida para los objetivos específicos "Definir los aspectos beneficiosos y las desventajas sobre este modelo de negocio." Y "Medir aproximadamente el valor tangible e intangible del modelo de negocio.".

La razón por la cual se escogió la entrevista como definición instrumental para los dos objetivos anteriores, es porque el enfoque del proyecto es un enfoque cualitativo con rasgos cuantitativos, donde se necesita abarcar dentro de la investigación una perspectiva economista con conocimientos de lo que sucede actualmente en materia ambiental y en materia energética.

Según, Laura Díaz, Uri Torruco, Mildred Martínez y Margarita Varela, del Departamento de Investigación en Educación Médica de la Universidad Nacional Autónoma de México, en su artículo "La entrevista, recurso flexible y dinámico", han definido la entrevista como: "La

entrevista es una técnica de gran utilidad en la investigación cualitativa para recabar datos; se define como una conversación que se propone un fin determinado distinto al simple hecho de conversar. Es un instrumento técnico que adopta la forma de un diálogo coloquial." (2013, p. 1).

Resultados generales

Resultados de las variables

Primera variable: Modus operandi de las plantas solares fotovoltaicos para un mayor entendimiento del modelo de negocio

Observación directa

Ahora bien, como se mencionó anteriormente, la herramienta de investigación escogida para la definición instrumental del primer objetivo específico es la observación directa. Retomando el primer objetivo específico de esta investigación es el siguiente: "Determinar el *modus operandi* de las plantas solares fotovoltaicos para un mayor entendimiento del modelo de negocio."

Según el objetivo, surgió la necesidad de velar primeramente por el funcionamiento de los paneles solares *per se*, ya que se investigó en materia teórica sobre el funcionamiento de las celdas solares y se contemplaron todos sus aspectos para su debido funcionamiento. Retomando las características principales sobre el funcionamiento de las celdas solares, se explicó anteriormente lo siguiente:

Efecto Fotovoltaico: A partir del efecto fotoeléctrico, es que surge el efecto fotovoltaico, de manera que no puede existir dicho efecto sin el fotoeléctrico. El efecto fotovoltaico es el proceso mediante el cual se genera una diferencia de potencial en un material semiconductor cuando se expone a la radiación solar. En el efecto fotoeléctrico, según se mencionó anteriormente, por un lado, se obtienen electrones libres (electrones expulsados), los cuales obtienen un comportamiento de carga negativa y por otro lado están los huecos que dejan estos electrones al ser expulsados que obtienen un comportamiento de carga positiva. Esta diferencia de cargas en un material semiconductor, como el silicio, por ejemplo, provoca la creación de un campo eléctrico, siendo el silicio el elemento utilizado en las células solares para la creación de las plantas solares fotovoltaicas.

También es importante retomar lo siguiente:

El panel solar está hecho de dos capas a base de silicio (cristalino), elemento que es cuadrivalente, o sea, que tiene valencia 4, y al ser 4, se emparejan y van a generar los enlaces covalentes con los átomos a su alrededor. Entonces, a la capa superior, la que recibe la luz solar, se le añade un elemento pentavalente, que tiene valencia 5, de los cuales cuatro se destinan a ser los enlaces covalentes con el silicio (porque el silicio tiene 4 electrones de valencia) y quede uno libre que actúa como un semiconductor negativo ya que quedó libre. Se necesita ahora de un semiconductor positivo, por lo que se le agrega a la inferior un elemento trivalente. El silicio tiene valencia 4, por lo que si agregamos el elemento boro (trivalente), se va a unir al silicio con tres electrones de valencia, y si el silicio tiene 4, entonces queda un "hueco", comportándose este "hueco" con carga positiva.

Entonces cuando la capa superior se expone a la luz solar, los electrones al ser agitados por la luz solar se van a mover hacia los "huecos" de la capa inferior a través de una rejilla conductora y los van a ocupar, dejando huecos en la capa superior. Cuando los electrones se mueven hacia los huecos de la capa, dejan una carga negativa en la capa inferior mientras que el lado superior queda con carga positiva. Al existir una carga negativa y una carga positiva, se crea un campo eléctrico que genera una tensión entre los dos lados del campo eléctrico, este campo eléctrico se le conoce como zona de deplexión.

Precisamente, esta explicación sobre el funcionamiento de las celdas solares fue lo que se observó directamente para desarrollar el primer objetivo específico. A partir de lo mencionado anteriormente, la observación directa sobre el funcionamiento de los paneles solares sucedió en la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Costa Rica, San Pedro, en San José.

Se trata sobre la primera planta fotovoltaica que se ubica en el techo de la Escuela de Ingeniería eléctrica, cuyo proyecto empezó a plantearse desde el año 2018 con una visión de sostenibilidad ambiental, y se inauguró tres años después en el 2021. El profesor e investigador de la Escuela de Ingeniería Eléctrica Óscar Núñez Mata, plantea lo siguiente:

> Dentro de los objetivos que hemos tenido desde un tiempo atrás, está la producción de energía con fuentes renovables como una manera de acercar esta tecnología a nuestros estudiantes, a nuestra comunidad universitaria para que de esta manera nos sintamos cercanos, podamos estudiarla, entenderla y aplicarla en otros edificios de la universidad (Núñez, 2021).

Actualmente, la planta fotovoltaica se encuentra funcionado y es la que abastece la electricidad de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de forma limpia y renovable. La electricidad que

producen los paneles solares se inyecta a la red eléctrica interna del edificio cuyo servicio de energía es abastecido por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz.

Según, comenta Óscar Núñez y de acuerdo con diversas valoraciones, la planta fotovoltaica tiene la capacidad de generar alrededor de 25.000 Watts de potencia, lo que equivale con poder abastecer de electricidad en un rango de nueve a doce casas durante un mes, donde se consideran casas promedio de unas cuatro a cinco personas habitando en ellas.

Durante la investigación se han mencionado los beneficios que presentan las plantas solares fotovoltaicas en diferentes aspectos, por ejemplo, la sostenibilidad ambiental y la parte económica. Esto mismo lo refuerza Núñez "…para la Universidad es de suma importancia contar con una planta fotovoltaica, desde el punto de vista técnico, económico, social y ambiental; pero también para que pueda ser utilizada en actividades de docencia e investigación" (Núñez, 2021).

Ahora bien, se ha retomado el tema del funcionamiento de los paneles solares *per se*, tanto en materia teórica como práctica, por lo que se procede a evaluar los resultados sobre el funcionamiento de la planta fotovoltaica en su panorama general y sus resultados en cuanto a la obtención de energía eléctrica.

Retomando lo dicho anteriormente en materia teórica, la planta solar fotovoltaica funciona de la siguiente manera:

Cuando la luz solar emite su radiación sobre el panel, y se genera la corriente eléctrica a través de los materiales semiconductores, la corriente que se genera se le denomina corriente directa (DC). Existen dos tipos de corrientes; la DC y la corriente alterna (AC). La corriente alterna es la corriente utilizada en la mayoría de los dispositivos electrónicos que utilizamos todos los días como la televisión, la computadora, refrigeradores, etc. La corriente directa fluye en una sola dirección, fluye de una terminal directamente a otra terminal, en cambio, en la corriente alterna los electrones se alterna fluyendo hacia delante y hacia atrás constantemente, por eso su nombre, porque la dirección es alterna.

Por tal motivo es que requerimos convertir la corriente directa de los paneles solares a corriente alterna, para poder utilizarla en los dispositivos electrónicos. Se conectan entonces los paneles solares a dispositivos que se les llama inversores, son estos lo que provocan la conversión de corriente directa a corriente alterna. El inversor es el banco de transformadores y capacitadores. El cable de cobre es la vía en la que se transporta la energía directa desde el panel solar hasta los transformadores, de manera que se transporta la carga negativa hasta el inversor.

Una vez que el inversor/transformador recibe la carga negativa por medio del cable de cobre, convierte la corriente directa a corriente alterna, después esta corriente alterna sale en tractos de 110 voltios de flujo de corriente cada uno, y van a unos transformadores/capacitadores que se ubican en los puntos de recepción y conexión de corriente a las líneas primarias de abastecimiento, entonces la energía ya entró al flujo principal de corriente y puede llegar a los *breakers* de energía de cada casa y demás establecimientos.

Entonces, analizando la materia práctica sobre el funcionamiento de la planta fotovoltaica de la Universidad de Costa Rica, funciona de la siguiente manera:

> Algunos de los detalles técnicos importantes de esta planta fotovoltaica son que utiliza un nivel de tensión de 480V, trifásica, y se conecta a la red eléctrica por medio de dos inversores de electrónica de potencia, lo que le da mayor confiabilidad. Según la configuración que se realizó al inicio de su instalación, y de acuerdo con diversas valoraciones, este dispositivo tiene la capacidad de generar 25 kilowatts de potencia, que es el consumo mensual promedio de 10 viviendas de tamaño promedio. (Blog UCR, 2021)

Cuando los módulos fotovoltaicos (paneles solares) reciben la luz solar y comienzan a generar electricidad, esta corriente eléctrica es inyectada al edificio por medio de los inversores que son los encargados de convertir la corriente directa en corriente alterna, alimentando las distintas cargas que están conectadas.

Resulta importante mencionar que, la luz solar es muy variable y poco constante, por distintas razones tales como el clima, las sombras, si existen árboles alrededor que tapen los paneles solares, la época del año, entre otros. Esto repercute en que la captación de la corriente eléctrica no va a ser siempre en la misma cantidad, sin embargo, sí existe un ahorro energético gracias a la utilización de una tecnología renovable y limpia sobre las energías tradicionales.

Figura 10.

Primera planta fotovoltaica de la UCR

Nota: La figura anterior se refiere a la primera planta fotovoltaica de la UCR. Fuente: Red Comunica, Blog Universidad de Costa Rica (UCR).

La figura anterior es una imagen de la planta solar fotovoltaica de la Universidad de Costa Rica, la cual está ubicada en el edificio de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, San Pedro, San José. Se pueden observar los módulos fotovoltaicos en las cuatro esquinas del edificio y se puede observar también los inversores que se encargan de convertir la corriente eléctrica directa en corriente alterna para que esta pueda ser inyectada al edificio.

De conformidad con el tema del funcionamiento de las plantas fotovoltaicas, desde las celdas solares en sí, hasta la captación de energía eléctrica por parte de los establecimientos, se investigó también la planta solar fotovoltaica más grande de Costa Rica y se comprobó su funcionamiento a través de los materiales y evidencias proveídas por el Parque Solar Cooperativo.

El Parque Solar Cooperativo se ubica en Buenos Aires de Pocosol de San Carlos, a 4.5 kilómetros al Sur de Santa Rosa Centro y se trata sobre la instalación solar más grande de toda Costa Rica. Siendo la planta solar fotovoltaica más grande de Costa Rica, cuenta con 19.000 paneles solares funcionando

Segunda variable: Aspectos beneficiosos y las desventajas sobre este modelo de negocio

Entrevista

A continuación, se presenta la segunda herramienta de investigación sobre la definición instrumental de los dos últimos objetivos específicos. Los dos objetivos específicos para desarrollar con esta herramienta de investigación son “Indicar los aspectos beneficiosos y las

desventajas sobre este modelo de negocio.” Y “Estimar aproximadamente el valor tangible e intangible del modelo de negocio.”

Para complementar y evaluar la veracidad de la materia teórica en esta investigación, relacionada a los aspectos beneficiosos y desventajosos sobre las plantas solares fotovoltaicas, así como el valor en el mercado del mismo, se auxilió con una entrevista al economista y vicepresidente de la Junta Directiva en Cámara de Bancos y Entidades Financieras, Luis Ángel González Magán. Luis Ángel González Magán en su cargo de gerente general de Grupo Financiero CAFSA, mantiene intereses con las energías renovables.

Las preguntas fueron redactadas para proveer una respuesta la hipótesis sobre si efectivamente el modelo de negocio de las plantas solares fotovoltaicas apoya a la sostenibilidad ambiental y si funciona como una solución alternativa a la crisis de energía mundial en la actualidad.

La entrevista fue realizada el viernes 18 de marzo de 2022 a las 14:30:00 horas en Guadalupe, Barrio Esquivel Bonilla, San José, Costa Rica. Aproximadamente, la duración de esta fue de 45 minutos, a través de una conversación donde predominó la dinámica de plantear la pregunta por parte del investigador, asegurar que el entrevistado comprendiera totalmente la pregunta, y después el entrevistado Don Luis Ángel González Magán proveía la respuesta para cada una de las preguntas.

Los resultados se presentarán a continuación, donde se expondrán las preguntas realizadas al entrevistado Luis Ángel González Magán con sus respectivas respuestas:

1. ¿Podría usted explicar cómo funciona un panel solar?

El panel solar en primer lugar funciona gracias al efecto fotovoltaico, este se encarga de que en el momento exacto que un metal se expone a la luz solar, provoca que los electrones de los átomos que se encuentran en el metal se exciten por los fotones de la luz solar y abandonen su átomo, de manera que son expulsados del metal. Esto que acabo de mencionar genera electricidad, una corriente de energía.

Ahora bien, el panel solar se compone básicamente de unas células fotovoltaicas que tienen dos capas hechas de silicio, y cuando la capa superior es expuesta a la luz solar, lo que va a pasar es que esta va a dejar una carga negativa por el movimiento de los electrones, y la otra capa queda

con carga positiva, esta diferencia de potencial lo que crea es como un campo eléctrico y genera corriente.

2. ¿Conoce usted cómo funciona una planta solar fotovoltaica?

Sí, una vez que usted entiende el funcionamiento del panel solar, podemos avanzar. Cada panel solar que se encuentra funcionando en una planta solar fotovoltaica, genera corriente directa que no es la que normalmente usamos nosotros para los artefactos electrodomésticos, por ejemplo. Entonces, por medio de unos cables de cobre se traslada la corriente directa del panel hacia lo que llamamos inversores o transformadores.

En estos denominados inversores o transformadores, es donde se convierte la corriente de directa a corriente alterna. Y finalmente, la corriente alterna sale hacia unos capacitadores los cuales se encargan de trasladar la energía a los hogares, a los establecimientos y demás lugares. También está la otra opción que es que la plana fotovoltaica se monta sobre un establecimiento en particular, y la corriente eléctrica que genera el panel solar, es llevada hacia los inversores, y después se inyecta a la red de electricidad del establecimiento.

3. Mencione las implicaciones negativas, respecto al medio ambiente, sobre la implementación de una planta solar fotovoltaica.

Lo que la mayoría de las personas piensan cuando se les habla de energías renovables y limpias, es que no son dañinas para el medio ambiente, sin embargo, sí lo son, lo que sucede es que contrastando sus implicaciones negativas con las de las energías tradicionales de combustión, son mucho menos dañinas.

Por ejemplo, tan solo los materiales que se usan para construir el panel solar son de naturaleza eléctrica, componentes químicos y demás que duran muchos años en degradarse y claro que perjudican al medio ambiente cuando todos estos materiales llegan a ser desechados una vez culminada la vida útil de las celdas solares.

También no dejemos de lado que existe la necesidad de deforestar terrenos para construir la planta solar fotovoltaica y esto nos genera consecuencias en cuanto a la fauna y la flora del territorio porque estas son desplazadas por falta de un hábitat natural en la cual puedan establecerse, además de que en la deforestación se incurre a la tala de árboles, los cuales se encargan de absorber dióxido de carbono y liberar oxígeno a la atmosfera, por lo que resulta perjudicial para el medio ambiente.

Y como mencioné anteriormente, el panel solar funciona normalmente con silicio, y la producción de este genera emisiones tóxicas cuando se procesa el silicio para que quede en cristales. Sin embargo, cabe destacar que la producción de silicio en su estado cristalina, su técnica ha sido mejorada a través de los años y se ha vuelto más sostenible con el ambiente.

4. Mencione las implicaciones positivas, respecto al medio ambiente, sobre la implementación de una planta solar fotovoltaica.

De manera directa, la planta solar fotovoltaica en sí no emite gases de efecto invernadero, es decir, que su funcionamiento no contribuye al calentamiento global, contrario a las energías tradicionales de combustión. Esto ciertamente ayuda considerablemente a la lucha contra el cambio climático.

Además, el sol es un recurso inagotable y renovable, a diferencia del carbón o el petróleo cuyas reservas son finitas. También, la vida útil de los paneles solares es a largo plazo, estamos hablando de 30 años, que por supuesto varía dependiendo de cómo estén compuestos, pero aproximadamente tienen una larga vida útil y esto ayuda a captar energía de forma más sostenible con el ambiente.

Podemos considerar de igual forma que las plantas solares fotovoltaicas contribuyen a disminuir la contaminación sónica, porque funciona de una manera silenciosa.

5. ¿Cuáles beneficios considera usted que generan las plantas solares fotovoltaicas respecto a las energías tradicionales?

Anteriormente, se hizo mención de algunas de las ventajas de las energías renovables sobre las energías tradicionales, la más evidente es que el sol es un recurso inagotable, mientras que las energías tradicionales utilizan recursos del medio ambiente que son finitos y lo cual, por medio de su explotación, se liberan gases de efecto invernadero a la atmosfera. La quema de combustibles fósiles libera toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera todos los años, lo cual con las energías renovables se puede evitar.

Ahora bien, las facturas de electricidad “están subiendo” cada vez más para las personas físicas y jurídicas y la energía solar puede contribuir con alivianar el peso económico que conllevan las energías tradicionales. Por ejemplo, existen deducciones fiscales para las implementaciones de

paneles solares, son iniciativas fiscales. También resulta más barato, en cuanto al consumo eléctrico, usar la tecnología solar antes que el gas natural, por ejemplo, cuyos precios están al alza.

Debemos considerar también los diferentes acontecimientos mundiales que afectan directamente a las energías tradicionales, por ejemplo, la crisis de energía actual, la crisis de los contenedores, la pandemia, entre otros, que causan un alza en los servicios empleados a partir de las energías tradicionales.

En cuanto a la crisis de energía mundial, es posible analizarlo desde una perspectiva en cuanto a oferta y demanda, donde la demanda de los recursos energéticos aumenta, no obstante, la oferta disminuye. La oferta disminuye debido a que la producción y la explotación de los recursos naturales como el carbón y el gas natural, se observa contraída por distintas razones, mientras tanto las personas demandan cada vez más electricidad, especialmente en una era tan digital como la actual y donde se ha incrementado el trabajo remoto, lo que incide en aumento de electricidad para utilizar la computadora, por ejemplo.

Entre las razones por las cuales la oferta de energías tradicionales se ha visto afectada, están la crisis de los contenedores y la pandemia. En cuanto a la pandemia, tenemos una disminución de mano de obra disponible, por lo que no había suficientes trabajadores para explotar los recursos y transportarlos.

Además, de las razones más evidentes por las cuales la oferta disminuyó a raíz de la pandemia, fueron las medidas sanitarias establecidas por la mayoría de los continentes. Entre ellas, los puertos cerraron, las empresas cesaros sus operaciones, la gente ya no salía de su casa por decisión propia o por el toque de queda, entonces muchos negocios tuvieron que cerrar, por lo que la producción se detuvo también.

Después cuando los gobiernos empezaron a flexibilizar sus medidas sanitarias y los puertos reabrieron, los comercios también retomaron sus operaciones, las personas salieron de sus casas a consumir y gastar su dinero, para ese entonces la demanda se disparó mientras que la oferta seguía baja, lo que desbalanceó las condiciones del mercado.

Esto encareció la importación de materias primas, como el gas natural y el carbón, y por supuesto también afecta a todas las partes involucradas, hasta los consumidores finales se ve reflejado el alza de los precios de la electricidad en las casas, en los restaurantes, en las empresas, etc.

Entonces, ciertamente las energías tradicionales de combustibles fósiles inciden en costos altos y susceptibles, los cuales pueden variar de forma muy volátil, generando difíciles condiciones en el mercado para estas energías, que, en cambio con las energías renovables, se podría evitar y mejorar no solo en la parte económica, sino que en parte ambiental y social.

6. ¿Cuáles beneficios considera usted que generan las energías tradicionales respecto a las plantas solares fotovoltaicas?

Bueno, realmente son más numerosas las ventajas que presentan las energías renovables respecto a las energías tradicionales de combustión, no obstante, podemos decir que las tradicionales son más confiables. Son más confiables porque por ejemplo la energía solar fotovoltaica puede captar menos corriente eléctrica en días oscuros o de lluvia, por lo que genera cierta incertidumbre en ese aspecto.

Es importante resaltar que existe una creciente demanda de electricidad, esto por diversas razones, entre ellas, la pandemia, por ejemplo. La pandemia incentivó una cultura laboral diferente, enfocada en el trabajo remoto, o sea, que ahora las personas trabajan desde sus casas, lo que ciertamente va a incrementar los costos de electricidad de las casas de estos trabajadores, en fin, estamos en una etapa bastante tecnológica y digital.

Es por la demanda de electricidad cada vez mayor que se necesita suficiente energía para abastecer a todos los demandantes de energía, y aunque las energías renovables pueden ayudar en volumen, en el sentido de abastecer a las personas, sí existe un problema y es que la energía solar fotovoltaica es susceptible a las condiciones climáticas de la época del año y la captación de energía varía de acuerdo con estas condiciones.

Tercera variable: Medición aproximadamente el valor tangible e intangible del modelo de negocio.

Entrevista

Asimismo, como continuación de la entrevista realizada a Don Luis Ángel González Magán se logra identificar el valor tangible e intangible del modelo de negocio de las celdas solares fotovoltaicas, a partir de su experiencia y de ejemplos reales de éxito en el caso costarricense.

7. Según su experiencia, ¿cuánto considera usted que sería la inversión para construir una planta fotovoltaica?

Existen diferentes factores que claramente influyen en el monto de una inversión inicial cuando hablamos de este tipo de proyecto, teniendo ya el terreno para la construcción de la planta, por ejemplo, la cantidad de paneles solares, factores como la oferta y la demanda del mercado que determinan el precio de venta, factores macroeconómicos tales como la inflación de cada país / región, entre otros.

Según me he informado, aquí en Costa Rica el ICE gestionó la construcción e implementación de una instalación fotovoltaica hace un par de años. Está ubicada en el Parque Solar Cooperativo en Buenos Aires de Pocosol, San Carlos y según el ICE, su inversión acaparó un total de 6.3 millones de dólares.

Según un informe de *La República* publicado en julio de 2021, existen aquí en Costa Rica más de 3000 instalaciones solares, que equivalen a una inversión superior a los 80 millones de dólares. A nivel internacional, honestamente desconozco el dato, por lo que sería conveniente de su parte realizar una investigación que pueda acaparar esta información.

8. ¿Podría usted cuantificar aproximadamente el valor del negocio en el mercado?

En el caso de Costa Rica, sé que somos reconocidos mundialmente por el hecho de que por ahí del 99% de las necesidades energéticas del país son cubiertas por energías renovables, y principalmente por la energía hidroeléctrica. Pero, el país no se ha desarrollado lo suficiente en energía solar, somos el país que menos utiliza esta tecnología en Centroamérica, de hecho.

En Costa Rica, según investigué, la energía solar representa apenas un 0,5% de las energías renovables en el mercado nacional, por lo que podemos interpretar que la energía solar aún no es relativamente muy desarrollada en el país y por ende su valor en el mercado.

En cuanto al valor en el mercado internacional, la energía solar fotovoltaica es la energía renovable líder en todo el mundo. Según un informe de *Bloomberg* que había leído, la energía solar representó en los años 2019 – 2020, casi la mitad de toda la capacidad en cuanto a la energía construida en todo el mundo, el 45%.

9. ¿Conoce usted algunos ejemplos de empresas públicas o privadas reconocidas que se enfoquen en la energía solar?

Sí, conozco algunas empresas que proveen tecnología solar en el país, como *Solar renewable Energy Solutions, Interdinamica* que está por Coronado y *Greenenergy*. A nivel internacional sé de dos empresas públicas como Daqo New Energy y NextEra Energy.

10. ¿Cree usted que la utilización de la energía solar, específicamente las plantas solares fotovoltaicas, tendrán un mayor crecimiento y participación en el mercado?

Sí claro, es una tecnología que se está desarrollando cada vez más a nivel mundial. Ciertamente, no es una tecnología altamente desarrollada en Costa Rica, pero sí hay una agenda para agrandar el uso de la energía solar. A nivel internacional ponemos de ejemplo a España, que encabezó el récord de la Unión Europea en producción de energía solar el año pasado. Asia, Australia, África, alrededor del mundo se le está dando más importancia a las energías renovables.

Específicamente, la energía solar fotovoltaica es actualmente la energía renovable líder en todo el mundo, acaparando casi que la mitad a nivel mundial. Con las recomendaciones por parte de las organizaciones mundiales para reducir las emisiones de carbono y utilizar las energías renovables, también ha incentivado a los países a propiciar y facilitar el uso de las energías renovables como la fotovoltaica.

11. ¿Qué papel desempeña la energía solar en la crisis energética global?

Es una pregunta importante, ya que las energías renovables como la solar, “juegan” un papel clave en la actual crisis de energía global. Los precios de las energías tradicionales de combustión se han visto bastante elevados, por ejemplo, el barril de petróleo ya superó los 100 dólares, así como también la explotación y comercialización del gas natural se está viendo limitada. En este último caso se puede prever un invierno difícil, ya que el gas natural también provee la calefacción a los hogares, y a su vez, suben los precios de importación, lo que genera un costo de vida más elevado.

Las energías renovables, como la solar, sirven como una alternativa para alivianar la carga económica de los consumidores, ya que no dependen de recursos limitados como las energías tradicionales y no son tan susceptibles a ciertos acontecimientos mundiales como por ejemplo la crisis de contenedores, que ayuda a desacelerar la comercialización de estos recursos.

12. ¿Cuál puede ser el impacto de la energía solar en el corto, mediano y largo plazo tomando en cuenta las relaciones internacionales debido a los recursos de energías tradicionales?

Interesante pregunta, podemos contextualizar esta pregunta por ejemplo con la invasión de Rusia a Ucrania. El gas natural ruso representa aproximadamente 40% de las importaciones de gas natural en la Unión Europea, y hace un par de años Rusia era el tercer mayor productor mundial de petróleo crudo. Entonces, resulta en una decisión altamente complicada para la Unión Europa y el resto del mundo aplicar represalias contra Rusia por la invasión a Ucrania, debido a la alta dependencia del gas y petróleo.

Países como Estados Unidos pueden darse el lujo de cesar las importaciones de gas natural y petróleo ruso, cuya decisión ya fue ejecutada, sin embargo, a lo interno de Europa, la situación es más complicada, inclusive el presidente de Rusia amenaza con limitar o eliminar el suministro de gas natural para algunos países que apoyan a Ucrania.

Todo esto provoca un alza significativa en los precios del combustible, en los precios del gas natural, del carbón, las importaciones se encarecen y provoca a su vez un alza en los porcentajes de inflación, encareciendo el costo de vida de los consumidores. Entonces, al usar energías renovables, como la solar, por ejemplo, las facturas de electricidad de los comercios u hogares no se ven afectadas por esta situación, lo contrario.

13. ¿Podría usted indicarnos si existe apoyo por parte de organizaciones internacionales para promover la utilización de la energía solar?

Sí claro, sé que la Organización de las Naciones Unidas tiene una agenda de energía renovable y limpia, incluida la solar fotovoltaica. Por ejemplo, la COP26 (Conferencia de las Partes), es una conferencia de la ONU donde se reúnen líderes mundiales, representantes gubernamentales, empresarios, entre otros, donde se discute y se toman las medidas necesarias para reducir las emisiones de carbono a través de ambiciosos objetivos para que la reducción sea significativa.

La OCDE (la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) también tiene una agenda en materia ambiental para los países integrantes de la organización, cuya agenda se compone en gran parte por el uso de energías renovables, como la solar. Por ejemplo, la OCDE recomendó a México incrementar las cargas fiscales al carbón, para incentivar a las personas a

desarrollar las energías renovables y con el dinero recaudado de los impuestos compensar a los hogares de ingresos más bajos en cuanto a los precios de la energía.

14. En cuanto a innovación y tecnología, ¿cree usted que el modelo de plantas solares fotovoltaicas se adecua a las condiciones actuales del mercado?

Por supuesto, creo que la tendencia actual de mercado está muy enfocada en la responsabilidad social y ambiental, productos más saludables, empresas que canalizan sus recursos hacia la sostenibilidad. Las plantas solares fotovoltaicas son innovadoras y hacen un uso importante de tecnología, aprovechando recursos ilimitados y renovables como el sol, y proveyendo energía limpia. Es un proyecto que cualifica con las tendencias actuales de mercado y de negocios.

15. ¿Cree usted que la energía solar es confiable, especialmente en una época de mayor demanda de recursos energéticos?

En mi opinión, el problema más grande que se genera a partir de la planta solar fotovoltaica es el cálculo erróneo de la electricidad que realmente se va a generar a partir de los paneles solares, debido a los diferentes factores que influyen sobre la captación de energía, tales como el clima *per se,* sombras de árboles, y captan menos energía en épocas de invierno, que es precisamente cuando se necesita más electricidad para la calefacción, por ejemplo.

Sin embargo, preguntó usted que, si es confiable en una época de mayor demanda de recursos energéticos, y realmente la energía solar funciona bien como una alternativa sobre los recursos energéticos tradicionales, alivianando la carga económica a los consumidores y alivianando también la dependencia hacia otros países sobre la importación de estos recursos, como el caso mencionando anteriormente de Rusia.

Probatoria de la hipótesis

En cuanto a la probatoria de la hipótesis, se retoma la hipótesis principal planteada para la presente investigación: Como hipótesis principal, se plantea que las plantas solares fotovoltaicas podrían funcionar como una solución a la problemática ambiental y a la crisis energética mundial. Se demuestra a partir del análisis de resultados que la hipótesis es verdadera.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

En este apartado "Capítulo 5 – Conclusiones y Recomendaciones" se exponen a continuación las conclusiones y recomendaciones de la investigación a partir del objetivo general del presente estudio, así como también las conclusiones y recomendaciones de los objetivos específicos.

En cuanto al objetivo general de la investigación "Analizar el modelo de negocio de plantas solares fotovoltaicas, con base en los datos e información disponible, para determinar si es una solución alternativa viable a la problemática ambiental y a la crisis energética mundial, durante el I Cuatrimestre de 2022." Se puede concluir que se ha analizado exitosamente el modelo de negocio de plantas solares fotovoltaicas, con base en los datos e información disponible, para determinar si es una solución alternativa viable a la problemática ambiental y a la crisis energética, durante el I Cuatrimestre de 2022.

Efectivamente el negocio de plantas solares fotovoltaicas se ha demostrado durante el presente estudio que funciona como una alternativa altamente viable para la problemática ambiental y para alivianar los efectos de la crisis energética global. Según los estudios previos, la entrevista realizada al entrevistado, Luis Ángel González Magán, y demás apoyo teórico y práctico han concluido que la hipótesis planteada es cierta.

Por ejemplo, las declaraciones sobre la presidenta de la Comisión Europea, Úrsula von der Leyen, que se mencionaron durante el presente estudio, tienen como objetivo reducir dentro de la mayor medida posible la dependencia de los combustibles fósiles rusos y eliminarla. Úrsula menciona que, para poder eliminar la dependencia hacia los combustibles fósiles rusos, lo siguiente "…esto solo puede lograrse por supuesto en primer lugar invirtiendo en energías renovables…" (von der Leyen, 2022). Esto, como ejemplo del apoyo de las energías renovables en cuanto a la crisis de energía mundial.

Además, apoyando el uso de la energía solar fotovoltaica para amortiguar los efectos de la crisis de energía global, menciona también Luis Ángel González Magán lo siguiente:

> Todo esto provoca un alza significativa en los precios del combustible, en los precios del gas natural, del carbón, las importaciones se encarecen y provoca a su vez un alza en los porcentajes de inflación, encareciendo el costo de vida de los consumidores. Entonces, al usar energías renovables, como la solar, por ejemplo, las facturas de electricidad de los comercios u hogares no se ven afectadas por esta situación, lo contrario. (González, 2022).

En cuanto al uso de las energías renovables, específicamente la solar, para ayudar con la sostenibilidad del medio ambiente, también el resultado ha sido positivo a lo largo del estudio, apoyándose con estudios previos, la entrevista, la observación directa y demás apoyos en materia teórica o práctica.

Por ejemplo, menciona también Luis Ángel González Magán lo siguiente:

> La OCDE (la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) también tiene una agenda en materia ambiental para los países integrantes de la organización, cuya agenda se compone en gran parte por el uso de energías renovables, como la solar. Por ejemplo, la OCDE recomendó a México incrementar las cargas fiscales al carbón, para incentivar a las personas a desarrollar las energías renovables y con el dinero recaudado de los impuestos compensar a los hogares de ingresos más bajos en cuanto a los precios de la energía. (González, 2022).

A nivel mundial, se puede observar a los países destinando recursos importantes a la generación y a la captación de energía renovable y limpia, como la energía solar fotovoltaica, para amortiguar los efectos del cambio climático y de las emisiones de gases de efecto invernadero, como lo son las emisiones de dióxido de carbono.

Ahora bien, en cuanto al primer objetivo específico del presente estudio "Determinar el *modus operandi* de las plantas solares fotovoltaicos para un mayor entendimiento del modelo de negocio." Se puede concluir que exitosamente se ha determinado el *modus operandi* de las plantas solares fotovoltaicas para un mayor entendimiento del modelo de negocio.

A su vez, se ha explicado el funcionamiento de los paneles solares detalladamente con base en los estudios previos y la información disponible. Menciona, el entrevistado, Luis Ángel González Magán respecto al funcionamiento de los paneles solares lo siguiente:

> El panel solar en primer lugar funciona gracias al efecto fotovoltaico, este se encarga de que en el momento exacto que un metal se expone a la luz solar, provoca que los electrones de los átomos que se encuentran en el metal se exciten por los fotones de la luz solar y abandonen su átomo, de manera que son expulsados del metal. Esto que acabo de mencionar genera electricidad, una corriente de energía. (González, 2022).

En cuanto al segundo objetivo específico "Indicar los aspectos beneficiosos y las desventajas sobre este modelo de negocio." Se ha indicado exitosamente los aspectos beneficiosos y las desventajas sobre las plantas solares fotovoltaicas. Primeramente, en cuanto a los aspectos beneficiosos se ha concluido que las plantas fotovoltaicas apoyan a la sostenibilidad ambiental ya que la operación como tal no emite gases de efecto invernadero y se ha concluido también que las plantas fotovoltaicas alivianan la carga económica en comparación con las energías tradicionales.

También se ha concluido que, en cuanto a las desventajas de la energía solar fotovoltaica, es que la captación de energía es inestable ya que las condiciones climáticas hacen que la energía que se pueda recolectar varíe.

Por último, el tercer objetivo específico "Estimar aproximadamente el valor tangible e intangible del modelo de negocio." Se puede concluir que se ha estimado aproximadamente el valor tangible e intangible de las plantas solares fotovoltaicas. Por ejemplo, menciona González que:

> En cuanto al valor en el mercado internacional, la energía solar fotovoltaica es la energía renovable líder en todo el mundo. Según un informe de *Bloomberg* que había leído, la energía solar representó en los años 2019 – 2020, casi la mitad de toda la capacidad en cuanto a la energía construida en todo el mundo, el 45%.

También confirma González que "…existen aquí en Costa Rica más de 3000 instalaciones solares, que equivalen a una inversión superior a los 80 millones de dólares." (González, 2022).

Recomendaciones

Como recomendación para el objetivo general de la presente investigación, se recomienda la elaboración de una tabla o una infografía que pueda contrastar las ventajas de las energías renovables, específicamente la energía solar fotovoltaica, sobre las energías tradicionales de combustión, en materia de ahorro de costos en cuanto a energía y en materia ambiental.

Asimismo, para el primer objetivo específico, se recomienda el uso de los paneles solares para generar y captar electricidad en los distintos establecimientos y en los hogares, para alivianar la carga económica de las personas físicas y jurídicas en cuanto a las facturas de energía y para apoyar a la sostenibilidad ambiental, ya que se ha demostrado que los paneles solares funcionan exitosamente y por ende la planta solar fotovoltaica.

En cuanto a el segundo objetivo específico, como recomendación, se podría hacer una comparación entre los aspectos negativos y positivos de la energía fotovoltaica de manera más visual o puntual.

Por último, para el tercer objetivo específico se recomienda que se implemente hojas de trabajo (Excel) que permitan cuantificar el nivel de inversión y ahorro que implica la utilización de las plantas solares fotovoltaica.

Capítulo VI

Referencias Bibliográficas y Anexos

Bibliografía

Acosta, A. (2011). La Crisis Energética Y Las Energías Alternativas. From https://www.uexternado.edu.co/wp-content/uploads/2017/01/crisisEnergeticaEnergiasAlternativas.pdf

Aguilar, V. (2018). El mercado de la Energía Solar en Estados Unidos. From https://proexca.es/Portals/0/Uploads/Paises/EEUU/Ficha/Energia_Solar_USA_2018.pdf

Alonso, J., Fernández, A., Jiménez, C., Lecuona, A., Mellado, F., & Plaza, J. et al. (2016). Energía Solar Fotovoltaica. From https://www.coit.es/sites/default/files/informes/pdf/energia_solar_fotovoltaica.pdf

María, A., & González, J. (2019). Estudio del Efecto Fotovoltaico. From https://www.researchgate.net/publication/334948323_Estudio_del_efecto_fotoelectrico

Ceriz, A. (2010). Estudio de la confiabilidad de sistemas fotovoltaicos en el ecuador y construcción de un generador solar a escala de energía eléctrica a 200 W. From http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/8579/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-102.pdf

Cipoletta, G., & Sánchez, R. (2010). La industria del transporte marítimo y las crisis económicas. From https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6352/1/lcl3206e.pdf

Chadwick, L. (2021). ¿Por qué se disparan los precios del gas natural en Europa? From https://es.euronews.com/2021/10/21/crisis-energetica-por-que-se-disparan-los-precios-del-gas-natural-y-como-afectara-a-los-e

Dolezal, A., Majano, A., Ochs, A., & Palencia, R. (2013). La Ruta hacia el Futuro para la Energía Renovable en Centroamérica. From https://cdkn.org/sites/default/files/files/La-Ruta-hacia-el-Futuro-para-la-Energia-Renovable.pdf

Frutos, F. (2016). Análisis del mercado fotovoltaico. La fotovoltaica como estrategia energética en la empresa española. From https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/5576/pfc6383.pdf?sequence=1

Gallego, R., Pérez, R., Uribe, M., Cuéllar, L., & Amador, R. (2004). El Concepto de Valenia: Su Construcción Histórica y Epistemológica y la Importancia de su Inclusión en la Enseñanza. From: https://www.scielo.br/j/ciedu/a/Xhbc9WnQkY8bpYX3CcBWBhD/?format=pdf&lang=es

García, L., Parikh, M., & Manghani, R. (2019). Evolución futura de costos de las energías renovables y almacenamiento en América Latina | Publications. From https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Evoluci%C3%B3n_futura_de_costos_de_las_energ%C3%ADas_renovables_y_almacenamiento_en_Am%C3%A9rica_Latina_es.pdf

Grigorjeva, J. (2015). La exportación energética de rusia a china. Un acercamiento estratégico y sus efectos para China, Europa y Rusia. From https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2015/DIEEEO54-2015_Exportacion_Energetica_JekaterinaG.pdf

Mendoza, R., & Venegas, F. (2021). Impacto de la pandemia COVID-19 en los precios de la gasolina y el gas natural en las principales economías de Latinoamérica. From https://www.remef.org.mx/index.php/remef/article/view/654

Messina, D. (2020). Contribuciones determinadas a nivel nacional del sector eléctrico en América Latina y el Caribe Análisis de la transición hacia el uso sostenible de las fuentes energéticas. From https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46034/1/S2000548_es.pdf

Planas, A., Quintero, J., & Montealegre, L. (2021). Guía ambiental y social para proyectos de generación fotovoltaicos e híbridos menores o iguales a 1 MW | Publications. From https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Guia-ambiental-y-social-para-proyectos-de-generacion-fotovoltaicos-e-hibridos-menores-o-iguales-a-1-MW.pdf

Planas, O. (2015). Historia de la energía solar, evolución desde la antigüedad. From https://solar-energia.net/que-es-energia-solar/historia

Patrnogic, M., & Tello, V. (2021). Efectos del covid-19 sobre las condiciones de competencia en los mercados. From https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/3132/PatrnogicMiluska_Tesis_Licenciatura_2021.pdf?sequence=1

Rojas, R., & Limón, J. (2017). Diseño, selección, instalación y puesta en marcha de un sistema fotovoltaico para el hotel meson san sebastian con conexión a red de cfe. From https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1932/1/TESIS.pdf

Romero, J. (2015). Análisis del funcionamiento de paneles fotovoltaicos y su utilización en las regiones de la costa y sierra del Ecuador. Caso de estudio: Biblioteca Pompeu Fabra de Mataró. From https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/26396/memoria.pdf

Sánchez, R., & Weikert, F. (2021). Logística internacional pospandemia. From https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46656/1/S2000789_es.pdf

Solera, M. (2017). Crisis políticas y desequilibrios estructurales del sistema energética mundial frente a la virtualidad de una transformación sistémica del paradigma socio-tecnológico dominante. Análisis del modelo alemán en perpsectiva sistémica (1973-2015). From http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:CiencPolSoc-Msolera/SOLERA_URENA_Miriam_Tesis.pdf

Anexos

Entrevista

1. ¿Podría usted explicar cómo funciona un panel solar?
2. ¿Conoce usted cómo funciona una planta solar fotovoltaica?
3. Mencione las implicaciones negativas, respecto al medio ambiente, sobre la implementación de una planta solar fotovoltaica.
4. Mencione las implicaciones positivas, respecto al medio ambiente, sobre la implementación de una planta solar fotovoltaica.
5. ¿Cuáles beneficios considera usted que generan las plantas solares fotovoltaicas respecto de las energías tradicionales?
6. ¿Cuáles beneficios considera usted que generan las energías tradicionales respecto a plantas solares fotovoltaicas?
7. Según su experiencia, ¿cuánto considera usted que sería la inversión para construir una planta fotovoltaica?
8. ¿Podría usted cuantificar aproximadamente el valor del negocio en el mercado?
9. ¿Conoce usted algunos ejemplos de empresas públicas o privadas reconocidas que se enfoquen en la energía solar?
10. ¿Cree usted que la utilización de la energía solar, específicamente las plantas solares fotovoltaicas, tendrán un mayor crecimiento y participación en el mercado?
11. ¿Qué papel desempeña la energía solar en la crisis energética global?
12. ¿Cuál puede ser el impacto de la energía solar en el corto, mediano y largo plazo tomando en cuenta las relaciones internacionales debido a los recursos de energías tradicionales?
13. ¿Podría usted indicarnos si existe apoyo por parte de organizaciones internacionales para promover la utilización de la energía solar?
14. En cuanto a innovación y tecnología, ¿cree usted que el modelo de plantas solares fotovoltaicas se adecua a las condiciones actuales del mercado?
15. ¿Cree usted que la energía solar es confiable, especialmente en una época de mayor demanda de recursos energéticos?

APÉNDICE

San Pedro, 25 de abril de 2022

Señores:
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación
Presente.

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Análisis de la efectividad y viabilidad de los negocios enfocados en plantas solares fotovoltaicas, a nivel global, como solución alternativa a la problemática ambiental y a la crisis energética mundial, elaborado por el estudiante: Elena Bravo González como requisito para que el citado estudiante pueda optar por el grado de Licenciatura en Administración de Negocios con énfasis en Finanzas.
Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos de forma y de contenido exigidos por la Universidad Latina, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Se suscribe cordialmente,

Lic. Victor Sanabria Sandoval
Tutor

San Pedro, 11 de abril del 2022

Señores
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación
Facultad de Ciencias Empresariales y Hospitalidad
Escuela de Administración de Negocios
Universidad Latina de Costa Rica
Presente

Estimados Señores:

Por este medio certifico que he leído y corregí la tesis, denominada: "Análisis de la efectividad y viabilidad de los negocios enfocados en plantas solares fotovoltaicas, a nivel global, como solución alternativa a la problemática ambiental y a la crisis energética global" elaborada por Elena Bravo González, para optar por el grado de Licenciatura en Administración de Negocios con Énfasis en Finanzas.

Las correcciones realizadas están referidas a construcción de párrafos, "vicios del lenguaje", los cuales se trasladan a lo escrito, ortografía, puntación, uso preposicional y otros aspectos en relación con el campo filológico.

Por lo tanto, dicho documento cumple con los requisitos establecidos para ser presentado como Trabajo Final de Graduación.

Se suscribe, cordialmente,

Magda Eugenia Chavern Brenes
Filóloga
Cód. 257
ACFIL
Cédula: 4 0186 0512
Cel.: 6212 54 41
Correo electrónico: magda4018@gmail.com