

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**  
**Departamento de Administración de Agronegocios**  
**Ingeniería en Agronegocios**



Proyecto Especial de Graduación  
**Estudio de Caso: Generación de Energía Fotovoltaica en  
Zamorano**

Estudiantes

Darwin Alexi Cifuentes Ponce

Ivanna Macal Alvarado

Asesores

MAE. Julio Rendón

D.Sc. Raúl Soto

MAE. David Moreira

Honduras, julio 2021

**Autoridades**

**TANYA MÜLLER GARCÍA**

Rectora

**ANA M. MAIER ACOSTA**

Vicepresidenta y Decana Académica

**RAUL A. SOTO D.**

Director Departamento de Administración de Agronegocios

**HUGO ZAVALA MEMBREÑO**

Secretario General

## Contenido

Índice de Anexos .....	5
Resumen .....	6
Abstract .....	7
Introducción .....	8
Metodología .....	10
Resultados y Discusión .....	13
Redacción Estudio de Caso: Generación de Energía Fotovoltaica en Zamorano .....	13
Antecedentes e Historia de Zamorano .....	13
La Situación Energética .....	14
Uso de Energía Renovable a Nivel Global .....	14
Producción de Energía Fotovoltaica .....	15
Situación Energética en Honduras .....	16
Fase I Parque Solar .....	17
Fase II del Parque Solar .....	18
Nota de Enseñanza: Generación de Energía Fotovoltaica en Zamorano .....	21
Resumen .....	21
Objetivos de Enseñanza .....	22
Preguntas de Discusión .....	23
Análisis del Caso y Plan de Enseñanza .....	24
Propuesta Para la Resolución del Caso .....	26

Conclusiones .....	28
Recomendaciones .....	29
Referencias.....	30
Anexos.....	32

## Índice de Anexos

Anexo A Estudio de caso versión reproducible .....	32
Anexo B Ficha técnica fase 1 .....	41
Anexo C Ficha técnica fase 2 .....	42
Anexo D Aumento en la tarifa del costo de energía eléctrica .....	43
Anexo E Ubicación del parque solar .....	44
Anexo F Ahorro en la factura por consumo de energía.....	45
Anexo G Ejemplos del monitoreo mediante el programa Green Power Monitor.....	46
Anexo H Costos Fase 2 .....	47
Anexo I Datos de excedentes producidos por el parque solar .....	48
Anexo J Ejemplo gráfico de un día con excedentes .....	49
Anexo K Criterios de evaluación .....	50
Anexo L Resumen indicadores financieros .....	51
Anexo M Resumen de la selección de opciones .....	52

## Resumen

Actualmente el planeta atraviesa serios problemas climáticos que demandan un cambio en los hábitos de las personas, entre las tendencias para cambiar esta situación se encuentra el consumo de electricidad proveniente de energías renovables en vez de la originaria de combustibles fósiles. La generación de energía solar en Honduras en el año 2019 aportó un promedio de 10.71% a la matriz eléctrica, muestra del firme deseo que tiene el país de cambiar su matriz energética impulsando proyectos de este tipo.

El presente documento tiene como finalidad la redacción de un estudio de caso en el que se demuestra el compromiso de Zamorano con el medio ambiente por medio de la ejecución de un proyecto para ampliar su parque solar, dentro del caso se describen los aspectos técnicos y financieros que se tomaron en cuenta para comprobar el beneficio económico y ambiental que la fase 1 del parque generaba y tomar la decisión de implementar una segunda fase con tecnología más innovadora.

El estudio de caso está acompañado de una nota de enseñanza que permitirá al instructor guiar la resolución del caso y poder alcanzar los objetivos de aprendizaje deseados. El estudio de caso está diseñado para ser utilizado en cursos de finanzas y estrategias tanto en el nivel de pre grado como algunos cursos de postgrado, siendo de utilidad específicamente en temas relacionados a la evaluación de proyectos.

*Palabras clave:* Matriz eléctrica, medio ambiente, análisis financiero, paneles solares.

## Abstract

Currently the planet is going through serious climatic problems that demand a change in people's habits, among the trends to change this situation is the consumption of electricity from renewable energies instead from fossil fuels. The generation of solar energy in Honduras in 2019 contributed an average of 10.71% to the electricity matrix, a sign of the firm desire of the country to change its energy matrix by promoting projects of this type.

The purpose of this document is to write a case study in which Zamorano's commitment to the environment is demonstrate through the execution of a project to expand its solar park. Within the case the technical and financial aspects are described that were taken in count to verify the economic and environmental benefit that phase one of the park generated and to make the decision to implement a second phase with more innovative technology.

The case study is accompanied by a teaching note that will allow the instructor to guide the resolution of the case and to achieve the desired learning objectives. The case study is designed to be used in finance and strategy courses both at the undergraduate level and some graduate courses, being specifically useful in issues related to project evaluation.

*Keywords:* Electric matrix, environment, financial analysis, solar panels.

## Introducción

El cambio climático es uno de los problemas principales que se encuentra en la agenda tanto de países como de instituciones, se mantiene una preocupación activa por ejecutar cambios en nuestro estilo de vida y poder modificar la tendencia que actualmente se tiene respecto al deterioro del medio ambiente. Zamorano como institución de prestigio en nuestra región trata la manera de estar al tanto en tendencias de cuidado del medio ambiente tomando acciones de mitigación.

Para mitigar el cambio climático existen muchas acciones tales como; reciclar y reutilizar, disminuir el consumo de agua y luz, evitar el uso innecesario de automóviles, detener la tala de árboles, entre otras actividades. Una acción de mitigación que ha cobrado importancia y se está tratando de implementar en muchos países es el uso de energías limpias. En el caso de Zamorano se optó por la construcción de un parque solar para reducir el consumo de energía eléctrica proveniente de combustibles fósiles, ya que el uso de estos comprende dos tercios de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> (Foster y Elzinga, 2021).

El compromiso en renovar la matriz energética se ha visto a nivel nacional en Honduras, el gobierno promueve el uso de energías renovables mediante una serie de leyes que benefician a los inversionistas al momento de ejecutar proyectos de este tipo. Como resultado se han ejecutado más de quince proyectos de energía solar fotovoltaica en el país, principalmente en la región sur (Reyes et al., 2019). Además, es de resaltar que uno de estos proyectos destaca como el más grande de Centroamérica con una potencia pico de 125 MW (National Geographic, 2018).

Con el fin de resaltar en los estudiantes las importancias del cuidado del medio ambiente y generar en ellos un análisis crítico de las decisiones a tomar en un proyecto de esta índole, se redactó un estudio de caso. El estudio de caso en el ámbito de la Economía y de los Negocios es una de las metodologías docentes y de investigación de gran importancia en los últimos tiempos. Permite conocer fenómenos reales de la economía empresarial, analizar variables, evaluar situaciones complejas y buscar alternativas (Villarreal Larrinaga y Landeta Rodríguez, 2010)

La metodología de estudio de caso permite a los participantes de cualquier curso empresarial, reforzar los procesos de comunicación, la posición crítica, el trabajo en equipo, el liderazgo participativo y la toma de decisiones, las cuales son algunas de las habilidades que necesitan desarrollar los actores de las nuevas empresas (Ovalles Guglielmi y Quiñones Valduz, 2013).

## Metodología

Para la elaboración del este estudio de caso “Generación de energía solar en Zamorano” se tomó como enfoque principal la toma de decisiones en torno a la realización de un proyecto de producción de energía mediante el uso de paneles solares fotovoltaicos. Además, este estudio de caso resalta la importancia ambiental y el beneficio económico generado al implementar un proyecto de esta índole.

Para la redacción del estudio de caso se recopiló información de materiales de formación y capacitación sobre la redacción de casos del Case Development Centre de Rotterdam School of Management, Erasmus University, parte 2 y 3 (2016), en dichos manuales se definen preguntas que el autor debe tomar en consideración previo a la redacción del caso, también se detallan los pasos a seguir para la elaboración del mismo, los cuales fueron desarrollados de la siguiente manera:

Seleccionar los objetivos de aprendizaje y redactar las preguntas de discusión, las cuales fueron sugeridas en la nota de enseñanza que acompaña al estudio de caso.

Determinar el nivel de dificultad que poseería el caso, para este punto hay que tomar en consideración que existen tres niveles de dificultad para un caso; simple, medio y difícil. Este caso es de un nivel medio ya que presenta el problema al que se enfrenta el tomador de decisiones en el caso y hace que los estudiantes propongan soluciones a esta situación.

Considerar si el estudio de caso es distinto a otros que ya puedan existir, en este punto se considera que el estudio de caso gira en torno a un panorama que no se ve en otros casos, ya que se trata de la ejecución de un proyecto de generación de energía por parte de una institución educativa.

La decisión principal a tomar en el estudio de caso se centró en la ejecución de la fase 2 del parque solar de Zamorano, teniendo como principal protagonista a la junta directiva de la institución.

Se redactaron los componentes principales con los que debe contar todo estudio de caso, los cuales son la apertura del caso, antecedentes e historia tanto de la institución y de la industria en la que se desenvuelve el caso, el relato del caso, la decisión a tomar y finalmente un párrafo de cierre.

Para la obtención de la información necesaria para la redacción del caso se realizó una búsqueda de información que tengan relación con el tema en estudio y se complementó con entrevistas a profesionales de Zamorano que fueron parte de la comisión de ejecución del proyecto.

Como ya se mencionó previamente, la obtención de la información primaria se recolectó mediante una serie de entrevistas las cuales se realizaron mediante la plataforma Zoom para conocer aspectos tanto técnicos como financieros del parque solar de Zamorano. Las personas entrevistadas estuvieran cercanamente ligadas a la ejecución al proyecto ya que los mismos desempeñaban los siguientes cargos:

Ingeniero David Moreira, gerente de proyecto del parque solar de Zamorano.

Doctora Victoria Cortés, directora del centro de energía renovable de Zamorano.

Ingeniero Kevin Rodríguez, supervisor del área de mantenimiento del parque solar.

Ingeniero Jacob Vásquez, miembro del centro de energía renovable de Zamorano.

Con esto se logró concebir una idea más amplia de lo que es el proyecto y que conllevó su ejecución, además de tener la oportunidad de resolver inquietudes técnicas respecto al tema de generación de energía eléctrica por medio de paneles solares fotovoltaicos.

Además, para la redacción del estudio de caso se consideraron relevantes algunos factores, los cuales fueron los siguientes:

#### Factores internos

Ejecución y funcionamiento de la fase 1.

Personal relacionado a la implementación de ambas fases del proyecto.

Situación actual del consumo energético en Zamorano.

Importancia del proyecto en la formación de los estudiantes.

#### Factores estructurales de la organización

Junta ejecutora del proyecto.

Aspectos técnicos del proyecto.

Aspectos financieros del proyecto.

Beneficios generados para la institución.

#### Factores descriptivos

Ficha técnica de la fase 1 y 2 del parque solar.

Ubicación del parque solar.

Posición del parque solar frente a otros proyectos en Honduras.

Adicionalmente se redactó una nota de enseñanza en acompañamiento al estudio de caso, con esta nota de enseñanza se busca ayudar de alguna manera a los potenciales instructores que utilicen el estudio de caso a entender de manera más rápida la temática del caso sin necesidad de indagar sobre el tema, para que con esto logre comprender de una mejor forma el estudio de caso y pueda desarrollarlo de la manera más adecuada con sus estudiantes.

Como parte de la nota de enseñanza también se desarrolló una propuesta de resolución del estudio de caso para que el instructor lo tome en cuenta, la resolución del caso solo es una propuesta ya que dependiendo de lo solicitado por el instructor del curso que asigno el estudio de caso y del criterio del estudiante este puede llegar a diferentes respuestas según su análisis y desarrollo independiente realizado.

## Resultados y Discusión

### Redacción Estudio de Caso: Generación de Energía Fotovoltaica en Zamorano

En 2016, la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, inauguro su parque fotovoltaico con 2,940 paneles solares (Ver ficha técnica, anexo B), con la idea de tener una capacidad que pudiera generar la energía suficiente para suplir mínimo el 30% de la demanda de energía en su campus y lograr una reducción en las emisiones de hasta 1,000 toneladas de CO<sub>2</sub> anualmente. La institución no estaba centrada únicamente en el ahorro que se generaba en la factura de energía eléctrica, también era importante mostrarse como una organización comprometida con el cuidado del medio ambiente y a la vanguardia dentro de su región. Cuatro años más tarde la junta directiva de Zamorano se estaba planteando la ejecución de la Fase 2 (Ver ficha técnica, anexo C), pero esta vez con la implementación de estructuras con rastreadores solares en su complejo de paneles con el fin de tener una captación de luz más eficiente.

### Antecedentes e Historia de Zamorano

En 1942 nació en Honduras la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el Valle del Yeguate. Este proyecto educativo comenzó gracias al empresario bananero estadounidense Samuel Zemurray. A este esfuerzo se sumó el botánico, fruticultor e investigador Dr. Wilson Popenoe, primer director y creador del sistema educativo de Zamorano. La institución abrió sus puertas en 1943 para recibir a los primeros 140 estudiantes y en 1946 graduó la primera generación de zamoranos.

Con casi 80 años de existencia Zamorano ha graduado a más de 9,000 estudiantes de distintas nacionalidades, desde su fundación la universidad ha cimentado su educación en cinco pilares que la han distinguido como una universidad única en su género, estos pilares son la excelencia académica, la formación de carácter y liderazgo, el espíritu emprendedor, el panamericanismo y el Aprender Haciendo.

Zamorano ha sido reconocida por brindar una educación agrícola de excelencia y por su compromiso con la juventud de América Latina y el Caribe. En parte su reconocimiento por excelencia

se da gracias a su constante esfuerzo por mejorar y estar siempre a la vanguardia. Claros ejemplos son: la apertura de sus puertas en 1981 a estudiantes del género femenino, en 1998 realizó la creación de otras tres carreras además de la Agronomía; Administración de Agronegocios, Ambiente y Desarrollo y Agroindustria Alimentaria. Durante el periodo de 2004-2007 en conjunto con otros centros de investigación de la institución se fundó el de energía renovable con la mirada puesta en compromiso con el medio ambiente.

Por ser la universidad una de las referentes a nivel centroamericano siempre tratan de estar a la vanguardia en cualquier tema incluido el cambio climático, su compromiso con el ambiente demandaba hacer un cambio en su matriz energética, además dentro del campus se estaba creando una tendencia de aumento en el consumo de energía y constantes variaciones en el costo de la tarifa por consumo de energía eléctrica (Anexo D), por lo que un cambio era necesario.

## **La Situación Energética**

### ***Uso de Energía Renovable a Nivel Global***

En el mundo, el consumo de energías renovables se ha incrementado en un promedio de 2.3% desde el año 2015. En la actualidad mundial existe una conciencia de la importancia de las ER y la eficiencia energética como mecanismos fundamentales para abordar el cambio climático, la creación de nuevas oportunidades económicas y proporcionar acceso a la energía a millones de personas que aún viven sin servicios de energía modernos.

El crecimiento de las ER, en especial en el sector de la energía, se ha visto impulsado por el aumento en la relación costo-competitividad lo cual ha hecho que en muchos países los costos sean competitivos con las fuentes de energía convencional.

En la Unión Europea, las ER representaron el 86% de la capacidad de generación de energía, con mayor participación de la energía eólica y la fotovoltaica (REN21, 2017). Alemania incrementó su participación del 10.5 % en 2010 a 24% en 2014; mientras que un país como Escocia suministra cerca

de la mitad de su electricidad a partir de ER (REN21, 2015) En Estados Unidos las ER representaron más del 15% del total de generación de electricidad. Se destaca un aumento notable en la electricidad generada por la energía eólica y la fotovoltaica (REN21, 2017).

En Latinoamérica y el Caribe, Brasil fue el líder en nueva capacidad instalada de ER, con un record de 2.5 GW de capacidad de generación con energía eólica para el 2014 (REN21, 2015); mientras que Uruguay es el país que añadió más capacidad de generación de energía eólica per cápita a nivel mundial en los últimos años. En este país, la energía eólica alcanzó a suministrar el 22.8% del consumo de electricidad en el 2016 (REN21, 2017).

### ***Producción de Energía Fotovoltaica***

Según la International Energy Agency (2014), la eficiencia media de los módulos fotovoltaicos (FV) de silicio comerciales ha mejorado en los últimos diez años en alrededor de 0.3 % por año, llegando a un valor de 16% en 2013.

Desde el 2010, en el mundo se ha adicionado más capacidad en energía FV que en las cuatro décadas anteriores. Las cifras más recientes presentadas en el 2017, muestran que el 85% de la capacidad instalada estuvo focalizada en 5 mercados: China, Estados Unidos, Japón, India y el Reino Unido. Los líderes en capacidad solar FV por habitante son Alemania, Japón, Italia, Bélgica y Australia. Los precios de los sistemas fotovoltaicos se han dividido por tres en los últimos seis años en la mayoría de los mercados, mientras que los precios de los módulos fotovoltaicos se han dividido por cinco. El costo de la electricidad a partir de nuevos sistemas construidos varía de 90 a 300 USD/MWh, dependiendo del recurso solar; el tipo, tamaño, costo de los sistemas, madurez de los mercados y los costos del capital. Se estima que la participación de la energía FV en la producción de la electricidad mundial alcance un 16% en 2050.

### ***Situación Energética en Honduras***

Honduras mediante nuevos proyectos y aprobación de leyes quiere apuntar a tener una matriz eléctrica en la que predomine la producción de energía mediante fuentes renovables. Se desea que para el 2038 el país cuente con un 80% de energía renovable en la matriz energética de electricidad (Cerna, 2019).

Para lograr dicho objetivo el estado hondureño aprobó algunas leyes. Una de ellas es la ley de promoción a la generación de energía eléctrica con recursos renovables, la cual tiene como finalidad principal promover la inversión pública o privada en este tipo de proyectos mediante distintas acciones, tales como; agilizar estudios y construcciones de nuevas centrales de generación de energía renovable, aumentar la eficiencia del sistema interconectado nacional, exoneración del pago de impuestos y aranceles para todos los equipos y materiales importados a utilizarse en estos proyectos y la exoneración del pago de todos los impuestos conexos a la renta durante un plazo de diez años, entre otras estrategias que benefician a los inversores.

También existe la ley general de la industria eléctrica (LGIE), la cual tiene por objeto regular las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio de la república hondureña (Ley de promoción a la generación de energía eléctrica con recursos renovables, 2013).

Desde 2015 se tiene registrado el inicio de más de 15 proyectos de energía solar fotovoltaica, principalmente en la región sur del país (Reyes et al., 2019). Los proyectos de menor capacidad tienen una potencia instalada de 5 y 11.9 MW y se encuentran en el departamento de Choluteca, el resto superan los 20 MW de potencia instalada, incluso en el mismo departamento de Choluteca hay un proyecto con una potencia pico de 50 MW. Es importante destacar que Honduras cuenta con el parque solar más grande de Centro América, este fue realizado en conjunto por dos empresas, la Compañía Hondureña de Energía Renovable S.A y Solar Power S.A, el proyecto cuenta con un total de 480,000 paneles solares y una potencia pico instalada de 125 MW (National Geographic, 2018).

En el sector de instituciones educativas, destacaba el interés en energías limpias por parte de la universidad de San Pedro Sula (USAP) con la implementación de 1270 paneles solares en 6 de sus edificios, con la capacidad de suplir el 30% del consumo de energía. Desde su instalación los estudiantes fueron parte del proyecto y actualmente se mantienen integrados en el grupo de monitoreo del funcionamiento y eficiencia de la instalación (García Albra y Meirovich, 2018).

### **Fase I Parque Solar**

En el año 2016 luego de realizar los estudios necesarios para ejecutar el proyecto, tomando en cuenta el avance en las energías renovables con la que contaba Honduras, Zamorano llevo a cabo la instalación de un parque solar dentro de su campus con 2940 paneles solares que contaba con una potencia instalada de 926.1 kW. Ya que el costo total por las distintas actividades de acondicionamiento y compra de los equipos ascendía a \$. 1,288,745 la comisión encargada de este proyecto lo analizó a fondo antes de ser ejecutado.

El lugar dentro del campus para esta instalación (Anexo E) fue seleccionado de acuerdo a ciertos factores como ausencia de sombra en los alrededores, suelo no apto para cultivos que en este caso era un terreno con un drenaje moderadamente excesivo y en el que previamente existía una plantación de pino que no había crecido al ritmo esperado, para la construcción era importante que este terreno no fuera pedregoso y finalmente la cercanía que tenía a la red también fue una gran ventaja para evitar gastos en instalaciones que trasladaran la energía eléctrica hasta ese punto, además que eso hubiese implicado la pérdida de energía de alguna manera. También hay que tomar en cuenta que al estar cerca del departamento de ambiente y desarrollo esta tecnología se encuentra al alcance de los estudiantes de Zamorano.

El ahorro en la factura (Anexo F) por el precio de la energía en ese momento también había sido estimado para decidir si llevar a cabo la instalación, además de la cantidad de CO<sub>2</sub> que se consideraba iba a disminuir con este proyecto y que era un aspecto muy importante para Zamorano por su compromiso ambiental y lo que representaba como institución dentro de la región.

Para validar el alcance que había tenido el proyecto de acuerdo a los resultados esperados, estudiantes de la universidad realizaron estudios al cabo de 1 y 4 años de haber iniciado el proyecto. En un estudio por parte de un estudiante se concluyó que el impacto financiero durante el cuarto año de operación fue positivo, generando un ahorro total de USD 192,665.61. Además, el ROE proporcionó valores dentro de los estándares internacionales (13.36%), lo que confirma la rentabilidad positiva de la inversión (Ortiz Peralta, 2020)

Con la ayuda de los datos obtenidos del programa Green Power Monitor (Anexo G) se analizó la producción que había tenido el parque solar con el tiempo y el beneficio tanto económico como ambiental que se había generado, un ahorro mensual promedio de L. 241,900 y una reducción en emisiones de 863,448.75 kg de CO<sub>2</sub> durante 2020, comprobando que efectivamente se estaba cumpliendo con las metas planteadas en un inicio.

Con la validación de los beneficios que generaba el parque solar y algunas lecciones aprendidas durante el transcurso de su funcionamiento, Zamorano se estaba planteando ampliar su parque solar con la ejecución de una fase 2 pero nuevamente necesitaban estar seguros que fuera la decisión correcta destinar fondos disponibles para este nuevo proyecto.

## **Fase II del Parque Solar**

En el año 2020 había posibilidad de optar a fondos disponibles para un nuevo proyecto, al ser Zamorano una institución sin fines de lucro y financiada principalmente por fiduciarios, los fondos podían ser solicitados por otros proyectos dentro de la institución, por lo que no era seguro que fueran a ser otorgados para una segunda fase del parque solar. Gracias a los estudios de validación realizados previamente, ya se conocía el beneficio que generaba el parque solar y eso facilitaba que se diera acceso a los fondos disponibles para seguir ampliándolo.

Para esta nueva fase existía una decisión por tomar, ya que el nuevo comité que estaba gestionando el proyecto estaba considerando cambiar la tecnología de la estructura instalada. En lugar de utilizar paneles policristalinos se querían utilizar monocristalinos, y los paneles no iban a estar

colocados en una posición fija, en su lugar se deseaba que estuvieran instalados con rastreadores solares que permitieran el movimiento automático de los paneles de acuerdo al movimiento del sol durante el día, el cambio en estas tecnologías implicaría un aumento en los costos comparado con la fase 1 (Anexo H), pero sería una instalación más eficiente tomando en cuenta también que los paneles monocristalinos tienen silicio más puro en su composición que los policristalinos (Fernández Barrera, 2010)

Por ser un proyecto de bastante importancia y que implicaba una fuerte inversión, se debía tomar en cuenta distintas opciones de proveedores y determinar cuál era la mejor. El cambio de tecnologías además de poder brindar resultados más eficientes también significaba para Zamorano mantenerse a la vanguardia y añadir ventaja competitiva a su imagen, además de otorgarle a sus estudiantes una fuente de aprendizaje más amplia con tecnología de punta.

La institución tenía que decidir cuál era la mejor opción, ya que también había que tomar en cuenta que la experiencia adquirida durante la fase 1 no iba ser totalmente aplicable a la fase 2 por el cambio en tecnologías, también se debía dar importancia al hecho que en el 2021 se aprobaría un decreto en el país que le permitiría a la institución vender el excedente de energía a la empresa eléctrica (Anexo I y J), de esta manera financieramente no solo se ahorraría en la factura mensual del gasto energético, también se podría tener ingresos por la venta de energía.

Para poder tomar la mejor decisión las empresas que radicaban como opciones para ejecutar la fase 2 serían evaluadas por la junta encargada del proyecto, esta junta tomaría en cuenta aspectos como la experiencia de la empresa, la calidad del equipo a utilizar, el tiempo en el que proyectaban ejecutar el proyecto (Anexo K) y por su puesto indicadores financieros tales como VAN, TIR, PRI y relación beneficio costo que se obtenían tomando en cuenta las especificaciones de cada empresa.

La oportunidad de ampliar el parque solar con nueva tecnología ya estaba planteada, la institución se acercaba a sus 80 años de fundación y era reconocida en toda la región por su excelencia educativa y avances tanto científicos como tecnológicos por lo que un proyecto de esta relevancia

tenía que ser llevado con cautela y convicción ya que la universidad tenía una excelente reputación como institución. Era momento que la junta directiva de Zamorano tomará la mejor decisión ¿Era más importante el aspecto educativo o financiero? ¿Cuál era la estrategia adecuada para el proyecto? Por la relevancia del proyecto ¿También es necesario hacer un análisis de riesgos? ¿Vale la pena la ejecución de un benchmarking del panorama de la energía renovable en Honduras?

## **Nota de Enseñanza: Generación de Energía Fotovoltaica en Zamorano**

### ***Resumen***

Zamorano es una institución educativa que posee bastante prestigio en la región, cuenta con más de 75 años de experiencia y tiene graduados que destacan en muchos países. Su enfoque es principalmente agrícola y posee cuatro departamentos, los cuales son: Ciencia y Producción Agropecuaria, Ambiente y Desarrollo, Agroindustria Alimentaria y Administración de Agronegocios. Uno de los pilares más grandes de la universidad es la temática de aprender haciendo en la que los estudiantes ponen en práctica distintos conocimientos gracias a los módulos de aprendizaje que posee cada una de las áreas productivas de Zamorano, es por eso que para la universidad es importante contar con tecnología de vanguardia para que los estudiantes puedan conocerla y tener un aprendizaje más enriquecedor.

Zamorano tiene un compromiso con la naturaleza y sus recursos por lo que trata de incentivar el cuidado del medio ambiente en todas sus actividades, por este motivo surgió la idea de contar con un parque solar fotovoltaico para cubrir parte de su consumo energético con procedencia de energías limpias. Además, desde 2015 en Honduras se vio un cambio en tendencias energéticas con el surgimiento de múltiples proyectos para la producción de energía solar, especialmente en la zona sur del país, por lo que Zamorano como institución de renombre en el país tenía que sumarse a esta iniciativa y demostrar un verdadero compromiso con el cuidado del medio ambiente.

La universidad inauguro su parque solar en 2016 conformado por 2940 paneles y una potencia instalada de 926 kW. Durante 2020 la junta directiva estaba evaluando la ejecución de una nueva fase del parque solar, pero esta vez con estructuras más sofisticadas, paneles con rastreadores solares que permitieran una captación más eficiente de la luz. El estudio de caso se centró en esta decisión, considerando si la implementación de la fase 2 en el parque solar es una adecuada medida para la universidad tomando en cuenta los aspectos financieros que envuelven el proyecto. Para que el

estudiante pueda desarrollar de manera adecuada la resolución del caso se le brindan datos técnicos y financieros de las dos fases, registros de producción y consumo de energía, ahorro en la factura eléctrica, excedente de energía que se introduce a la red en ocasiones, entre otros.

Actualmente la fase 1 brinda resultados que respaldan la inversión, con la producción de más de 1 millón de kWh en promedio anual desde que se instaló el parque, representando un ahorro promedio de \$ 136,469 anualmente, esta situación coloca un panorama positivo que incentiva a seguir invirtiendo en este tipo de proyectos que entregan resultados desde el principio, ya que el estudiante dispone de esta información en el estudio de caso puede corroborar el beneficio económico que tiene el parque solar y su validación financiera. Solamente la fase 1 equivale a la reducción de casi 1 tonelada de emisiones de CO<sub>2</sub> gracias al uso de una energía limpia, durante el caso constantemente se resalta la importancia del cuidado del medio ambiente y la figura de Zamorano en estos temas.

### ***Objetivos de Enseñanza***

El estudio de caso está dirigido principalmente a estudiantes de la carrera de Agronegocios o similares, que posean los conocimientos para poder desarrollar el análisis financiero que conlleva la resolución del caso. Además, el estudio de caso tiene como objetivo los siguientes puntos:

Incentivar al estudiante a desarrollar un carácter de análisis crítico mediante la toma de decisiones en el estudio de caso, tomando en cuenta la figura de Zamorano como institución educativa y de prestigio en la región.

Resaltar durante el estudio de caso la importancia del cuidado del medio ambiente mediante la ejecución de este tipo de proyectos que cada vez más están tomando auge por la constante preocupación entorno al cambio climático.

Aplicar conocimientos teóricos en la resolución del estudio de caso mediante el desarrollo de un análisis financiero y de relación costo beneficio.

Obtener conocimientos técnicos básicos acerca de una tecnología de vanguardia que puede ser apreciada gracias al proyecto ejecutado en Zamorano

### ***Preguntas de Discusión***

Uno de los objetivos principales de implementar el estudio de caso como método de enseñanza, es que el estudiante desarrolle un liderazgo participativo durante el desarrollo de los cursos y que mediante la discusión pueda crear su propio criterio de análisis para la toma de decisiones. Para poder desencadenar la discusión y participación dentro de un grupo de estudiantes al momento de trabajar con este estudio de caso se recomienda la utilización de las siguientes preguntas:

¿De acuerdo a las tendencias e indicadores del entorno energético, es el momento adecuado para entrar en este sector o se debe esperar algún cambio?

¿La implementación de este proyecto es un buen comienzo para ingresar en la tendencia de uso de energías renovables? ¿Por la imagen que representa Zamorano en Honduras y la tendencia que se nota en los proyectos de esta índole en el país, no debería de tener una irrupción de mayor peso?

¿Dentro del contexto financiero, la implementación de la segunda fase es un proyecto atractivo para Zamorano? ¿Cuál es la opción más viable de las propuestas?

¿Si financieramente no fuera un proyecto tan atractivo, aun valdría la pena para Zamorano implementarlo por cuestiones de imagen? ¿Hasta qué punto sería factible esta decisión?

¿Si se toma la decisión de ejecutar la fase 2 del proyecto, debería seguir Zamorano en un futuro próximo ampliando el parque solar con más fases? ¿Qué aspectos se deberían de tomar en cuenta en el futuro para tomar esa decisión?

¿Qué análisis se le puede adicionar a la toma de decisiones? ¿Vale la pena realizar un análisis de riesgo?

### ***Análisis del Caso y Plan de Enseñanza***

El caso se enfoca principalmente en cuatro temas para generar el aprendizaje deseado en el estudiante, estos son:

Historia de Zamorano y compromiso con el medio ambiente

Situación energética en Honduras

Evaluación del funcionamiento de la fase 1

Toma de decisiones en la fase 2

#### **Historia de Zamorano y Compromiso con el Medio Ambiente.**

La escuela agrícola Panamericana Zamorano fue fundada en el año 1942, hoy en día cuenta con casi 80 años de trayectoria y a graduado a más de 9,000 de distintas nacionalidades, Zamorano se caracteriza y resalta por su manera de impartir conocimientos a sus estudiantes mediante el aprender haciendo, donde los estudiantes ponen en práctica en el campo conceptos teóricos.

La universidad se preocupa por el adecuado uso de los recursos, Zamorano se ha caracterizado por ser una institución comprometida con el medio ambiente, conforme ha pasado el tiempo han implementado nuevas tecnologías de innovación en sus áreas y esto incluye la utilización de energía renovable, muestra de ello fue la instalación de un parque solar con el fin de poder captar energía a través de paneles fotovoltaicos.

Al brindar información al estudiante sobre la trayectoria y compromiso de la universidad se busca colocarlo en el contexto interno en el que se encuentra Zamorano como institución y que de esa manera él pueda tomar en cuenta lo que representa la universidad como institución para considerarlo en la toma de decisiones.

#### **Situación Energética en Honduras.**

La situación energética en Honduras ha ido cambiando con el tiempo, ha incrementado la implementación de proyectos de energías renovables en los diferentes sectores de Honduras,

actualmente el congreso Nacional ha aprobado varias leyes como la ley para la promoción y protección de inversiones, con el fin de permitir fácil acceso de operación a inversionistas y la ley de promoción a la generación de energía eléctrica con recursos renovables la cual permite tener una matriz energética más accesible y que a través de su instalación se pueda obtener beneficios al hacer uso de energías renovables.

Honduras cuenta con un gran potencial para la implementación de recursos renovables debido a su ubicación geográfica, en la zona sur del país se encuentran los parques solares con mayor potencia del país. Contar con esta información dentro del caso permite que el estudiante obtenga el contexto macro de la situación, ya que tiene una idea de cómo se está trabajando en Honduras por promover proyectos de este tipo y los objetivos que el país tiene de cambiar su matriz de energía eléctrica.

#### **Evaluación del Funcionamiento de la Fase 1.**

En el año 2016 se instaló el parque solar en Zamorano, con un total de 2940 paneles y una capacidad de 926.1 kW de potencia con el fin de generar beneficios económicos y ambientales para la institución, en la información y descripción de la fase 1 se brindaron datos de la factura del 2017 al 2020 con un promedio anual de la producción de energía junto con el porcentaje total del ahorro que se obtuvo, los datos numéricos y tablas le sirven al estudiante para tener una idea clara del beneficio que representa la fase 1 que ya se encuentra en funcionamiento y puede tomarse como una muestra de cómo va rendir la fase 2 en comparación a sus proyecciones.

#### **Toma de Decisiones en la Fase 2.**

Debido a que Zamorano está comprometido con el medio ambiente querían implementar nuevas tecnologías, paneles que tuvieran la capacidad de movimiento automático de acuerdo al movimiento del sol, sin embargo, el cambio implicaría un aumento de los costos, pero sería un sistema más eficiente y la posibilidad de tener tecnología de alto nivel en el campus. En esta sección del caso

se proveen datos de proyectados de producción de energía y ahorro en la factura, además de los costos necesarios para ejecutar el proyecto y las opciones de empresas que están ofreciendo sus servicios, con esto el estudiante puede evaluar la decisión de ejecutar el proyecto y que opción es la de mayor beneficio para la universidad dentro del estudio de caso.

### ***Propuesta Para la Resolución del Caso***

La resolución del caso gira en torno a la decisión de realizar la fase 2 y de ser así, con que opción de empresa ejecutarlo. Se propone que para tomar la decisión se utilice la información de costos de inversión por cada opción y la producción de energía que proyectó cada empresa para realizar un flujo de caja tomando en cuenta el ahorro en la factura como los ingresos del proyecto. Con la información del flujo de caja se deberán obtener indicadores financieros tales como: VAN, TIR, PRI y relación beneficio costo (Anexo L).

El estudiante deberá utilizar la herramienta de calificación de cada opción en base a cuatro factores, los cuales son: Selección de equipos con 30 puntos, experiencia de la empresa con 20 puntos, tiempo de ejecución proyectada con 10 puntos y los indicadores financieros previamente mencionados completaran los últimos 40 puntos de la evaluación para cada empresa, esto se realiza con el fin que el estudiante se relacione a los procesos de calificación previa de los proyectos.

El estudiante tiene a su disposición toda la información necesaria para poder calificar el proyecto respecto a los otros 3 rubros y poder decidir en conjunto a lo financiero cual es la mejor opción. Adjunto a este documento se encuentra una hoja de Excel en la que se realizaron los flujos de caja de las 5 opciones y el resumen de calificación que se le dio, siendo así la mejor opción la empresa 1 con una calificación de 93 puntos totales (Anexo M).

Quedará a criterio del estudiante poder utilizar la venta de excedentes como un ingreso extra para poder agregarlo al análisis de la empresa seleccionada y así tener un panorama aún más optimista de lo que representa la ejecución de la fase 2 del parque solar.

El estudiante deberá utilizar una tasa de descuento del 12%, este fue tomado de un estudio de factibilidad realizado para un proyecto de una planta fotovoltaica, según (GAMMA INGENIEROS, 2015). En Chile en el año 2015. Inflación del 1.767% anual obtenido del promedio de inflación del dólar del 2010 a 2019 (FMI, 2020). Tomar en cuenta una pérdida en la eficiencia de los módulos del 0.8% anual, vida útil de los paneles de 25 años, para seguidores e inversores de 10 años y el resto de activos fijos de la inversión una vida útil de 20 años. Además de costos fijos de \$ 6500 anuales y un ingreso por excedentes de \$ 2992 en el primer año que luego reduce por la eficiencia de los paneles. La tarifa por consumo de energía a utilizar es el promedio de los 5 años previos brindados, esta es de 0.114\$ utilizando una tasa de cambio de 0.042 dólares por lempira.

Además, se sugiere la siguiente distribución de tiempo para la resolución del caso en una clase de 90 minutos:

Revisar el adecuado uso de los datos para realizar el flujo de caja (10 minutos).

Obtención de los indicadores financieros (15 minutos).

Realizar la evaluación por puntos de los otros tres parámetros de evaluación (15 minutos).

Resumen final de puntos para determinar la mejor opción (5 minutos).

Utilizar preguntas de discusión para generar participación en clase (45 minutos).

Conclusión para la toma de decisiones (10 minutos).

## Conclusiones

Se redactó el estudio de caso “Generación de Energía Fotovoltaica en Zamorano”, el cual es de carácter financiero y demanda la toma de decisiones por parte del estudiante, además de resaltar el compromiso que tiene Zamorano con el cuidado del medio ambiente.

Se estructuró el estudio de caso de manera que pueda servir como herramienta de enseñanza a través del desarrollo de análisis financieros de las opciones para ejecutar el proyecto, un análisis de beneficio costo y la importancia que el estudiante le otorgue a la decisión en torno a la relevancia que tiene este proyecto para la imagen de Zamorano.

Se realizó una nota de enseñanza como complemento del estudio de caso para que el instructor pueda guiar la discusión y completar los objetivos de aprendizaje que se buscan al momento de trabajar con este estudio de caso.

## Recomendaciones

Hacer uso de este estudio de caso como herramienta de enseñanza con estudiantes de la carrera de Agronegocios y la probabilidad de utilizarlo de manera parcial con estudiantes de segundo año para que puedan relacionarse con la temática de los estudios de caso mediante un tema que se desenvuelve en un entorno con el que están familiarizados.

Continuar promoviendo la realización de proyectos especiales de graduación enfocados en el parque solar de Zamorano, ya que es tecnología de vanguardia con la que se cuenta en la universidad y representa una gran oportunidad de aprendizaje en temas de gran importancia actualmente.

Considerar la elaboración de una segunda parte de este estudio de caso, pero con un enfoque más técnico y estratégico para la toma de decisiones.

## Referencias

- Cerna, A. S. (2019). *Energías Renovables en Honduras*. Secretaría de Estado en el Despacho de Energía. <https://cutt.ly/RmuUgeO>
- Fernández, R. (2020). *Proyección anual de la inflación en Estados Unidos entre 2010 y 2020*. FMI. <https://cutt.ly/0QfQ9lx>
- Fernández Barrera, M. (2010). *Energía solar: Electricidad fotovoltaica*. Liber Factory.
- Foster, S. y Elzinga, D. (2021). *El papel de los combustibles fósiles en un sistema energético sostenible*. Naciones Unidas. <https://cutt.ly/6QfQ6gy>
- Gamma Ingenieros S.A (2015). *Pre-factibilidad técnica y económica para la instalación de una planta FV en industria química*. Gamma Ingenieros. <https://cutt.ly/4QfWen5>
- García Albra, J. y Meirovich, H. (2018). *Energías Renovables para América Latina y El caribe*. BID Invest. <https://cutt.ly/yQfWtJU>
- International Energy Agency. (2014). *Technology Roadmap - Solar Photovoltaic Energy 2014*. Report. <https://cutt.ly/GQfWuIH>
- Ley de promoción a la generación de energía eléctrica con recursos renovables, Diario Oficial La Gaceta 1(2013). [https://www.tsc.gob.hn/web/leyes/Ref\\_art\\_2\\_ley\\_promocion\\_energia\\_electrica\\_2013.pdf](https://www.tsc.gob.hn/web/leyes/Ref_art_2_ley_promocion_energia_electrica_2013.pdf)
- National Geographic. (2018). *Nacaome-Valle, la planta solar que ilumina Honduras*. Editorial Televisa. <https://www.ngenespanol.com/naturaleza/planta-solar-mas-grande-de-america-latina/>
- Ortiz Peralta, G. B. (2020). *Evaluación Técnica-Financiera del Parque Solar de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, durante su cuarto año de operación* [Tesis, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6774/1/IAD-2020-T028.pdf>

- Ovalles Guglielmi, I. I. y Quiñones Valduz, Y. B. (2013). *El estudio de caso como herramienta pedagógica en la formación emprendedora* (núm. 22). Acción Pedagógica. <https://cutt.ly/cQfWh1E>
- REN21. (2015). *Renewables 2015: Global Status Report*. Option consommateurs. <https://cutt.ly/VQfWzwK>
- REN21. (2017). *Renewables 2017: Global Status Report*. Option consommateurs. <https://cutt.ly/fQfWcoZ>
- Reyes, L., Ferrufino, J. y Álvarez, H. (2019). Situación de la Generación de la Energía Eléctrica a través de Energía Fotovoltaica en Honduras Julio 2015 - marzo 2018. *Revista De La Escuela De Física*, 7(2), 83–92. <https://doi.org/10.5377/ref.v7i2.9329>
- Rotterdam School of Management Erasmus University. (2016). *Case Development Centre: How to Write a Good Teaching Case*. RSM. [https://www.rsm.nl/fileadmin/Images\\_NEW/CDC/How\\_to\\_Write\\_a\\_Good\\_Teaching\\_Case.pdf](https://www.rsm.nl/fileadmin/Images_NEW/CDC/How_to_Write_a_Good_Teaching_Case.pdf)
- Villarreal Larrinaga, O. y Landeta Rodríguez, J. (2010). El estudio de casos como metodología de investigación científica en dirección y economía de la empresa. una aplicación a la internacionalización. *Investigaciones Europeas De Dirección Y Economía De La Empresa*, 16(3), 31–52. [https://doi.org/10.1016/S1135-2523\(12\)60033-1](https://doi.org/10.1016/S1135-2523(12)60033-1)

## Anexos

### Anexo A

*Estudio de caso versión reproducible*



Julio 2021

## Generación de Energía Fotovoltaica en Zamorano

En 2016, la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, inauguro su parque fotovoltaico con 2,940 paneles solares (Ver ficha técnica, anexo B), con la idea de tener una capacidad que pudiera generar la energía suficiente para suplir mínimo el 30% de la demanda de energía en su campus y lograr una reducción en las emisiones de hasta 1,000 toneladas de CO<sub>2</sub> anualmente. La institución no estaba centrada únicamente en el ahorro que se generaba en la factura de energía eléctrica, también era importante mostrarse como una organización comprometida con el cuidado del medio ambiente y a la vanguardia dentro de su región. Cuatro años más tarde la junta directiva de Zamorano se estaba planteando la ejecución de la Fase 2 (Ver ficha técnica, anexo C), pero esta vez con la implementación de estructuras con rastreadores solares en su complejo de paneles con el fin de tener una captación de luz más eficiente.

### Antecedentes e Historia de Zamorano

En 1942 nació en Honduras la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el Valle del Yeguaré. Este proyecto educativo comenzó gracias al empresario bananero estadounidense Samuel Zemurray.

---

Este caso fue preparado por Ivanna Macal y Darwin Cifuentes bajo la supervisión del Ingeniero Julio Rendón Cantillano, miembros de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, del departamento de Administración de Agronegocios, para que sirva de recurso de enseñanza en un curso de finanzas y estrategia en el tema de evaluación de proyectos.

A este esfuerzo se sumó el botánico, fruticultor e investigador Dr. Wilson Popenoe, primer director y creador del sistema educativo de Zamorano. La institución abrió sus puertas en 1943 para recibir a los primeros 140 estudiantes y en 1946 graduó la primera generación de zamoranos.

Con casi 80 años de existencia Zamorano ha graduado a más de 9,000 estudiantes de distintas nacionalidades, desde su fundación la universidad ha cimentado su educación en cinco pilares que la han distinguido como una universidad única en su género, estos pilares son la excelencia académica, la formación de carácter y liderazgo, el espíritu emprendedor, el panamericanismo y el Aprender Haciendo.

Zamorano ha sido reconocida por brindar una educación agrícola de excelencia y por su compromiso con la juventud de América Latina y el Caribe. En parte su reconocimiento por excelencia se da gracias a su constante esfuerzo por mejorar y estar siempre a la vanguardia. Claros ejemplos son: la apertura de sus puertas en 1981 a estudiantes del género femenino, en 1998 realizó la creación de otras tres carreras además de la Agronomía; Administración de Agronegocios, Ambiente y Desarrollo y Agroindustria Alimentaria. Durante el periodo de 2004-2007 en conjunto con otros centros de investigación de la institución se fundó el de energía renovable con la mirada puesta en compromiso con el medio ambiente.

Por ser la universidad una de las referentes a nivel centroamericano siempre tratan de estar a la vanguardia en cualquier tema incluido el cambio climático, su compromiso con el ambiente demandaba hacer un cambio en su matriz energética, además dentro del campus se estaba creando una tendencia de aumento en el consumo de energía y constantes variaciones en el costo de la tarifa por consumo de energía eléctrica (Anexo D), por lo que un cambio era necesario.

## La Situación Energética

### Uso de Energía Renovable a Nivel Global

En el mundo, el consumo de energías renovables se ha incrementado en un promedio de 2.3% desde el año 2015. En la actualidad mundial existe una conciencia de la importancia de las ER y la eficiencia energética como mecanismos fundamentales para abordar el cambio climático, la creación de nuevas oportunidades económicas y proporcionar acceso a la energía a millones de personas que aún viven sin servicios de energía modernos.

El crecimiento de las ER, en especial en el sector de la energía, se ha visto impulsado por el aumento en la relación costo-competitividad lo cual ha hecho que en muchos países los costos sean competitivos con las fuentes de energía convencional.

En la Unión Europea, las ER representaron el 86% de la capacidad de generación de energía, con mayor participación de la energía eólica y la fotovoltaica<sup>1</sup>. Alemania incrementó su participación del 10.5 % en 2010 a 24% en 2014; mientras que un país como Escocia suministra cerca de la mitad de su electricidad a partir de ER<sup>2</sup>. En Estados Unidos las ER representaron más del 15% del total de generación de electricidad. Se destaca un aumento notable en la electricidad generada por la energía eólica y la fotovoltaica<sup>3</sup>.

En Latinoamérica y el Caribe, Brasil fue el líder en nueva capacidad instalada de ER, con un record de 2.5 GW de capacidad de generación con energía eólica para el 2014<sup>4</sup>; mientras que Uruguay es el país que añadió más capacidad de generación de energía eólica per cápita a nivel mundial en los últimos años. En este país, la energía eólica alcanzó a suministrar el 22.8% del consumo de electricidad en el 2016<sup>5</sup>.

---

<sup>1, 3, 5</sup> REN21. (2017). *Renewables 2017: Global Status Report*. Option consummatators. [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2017\\_Full-Report\\_English.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2017_Full-Report_English.pdf)

<sup>2, 4</sup> REN21. (2015). *Renewables 2015: Global Status Report*. [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2015\\_Full-Report\\_English.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2015_Full-Report_English.pdf)

## Producción de Energía Fotovoltaica

Según la International Energy Agency<sup>6</sup>, la eficiencia media de los módulos fotovoltaicos (FV) de silicio comerciales ha mejorado en los últimos diez años en alrededor de 0.3 % por año, llegando a un valor de 16% en 2013.

Desde el 2010, en el mundo se ha adicionado más capacidad en energía FV que en las cuatro décadas anteriores. Las cifras más recientes presentadas en el 2017, muestran que el 85% de la capacidad instalada estuvo focalizada en 5 mercados: China, Estados Unidos, Japón, India y el Reino Unido.

Los líderes en capacidad solar FV por habitante son Alemania, Japón, Italia, Bélgica y Australia. Los precios de los sistemas fotovoltaicos se han dividido por tres en los últimos seis años en la mayoría de los mercados, mientras que los precios de los módulos fotovoltaicos se han dividido por cinco. El costo de la electricidad a partir de nuevos sistemas construidos varía de 90 a 300 USD/MWh, dependiendo del recurso solar; el tipo, tamaño, costo de los sistemas, madurez de los mercados y los costos del capital. Se estima que la participación de la energía FV en la producción de la electricidad mundial alcance un 16% en 2050.

## Situación Energética en Honduras

Honduras mediante nuevos proyectos y aprobación de leyes quiere apuntar a tener una matriz eléctrica en la que predomine la producción de energía mediante fuentes renovables. Se desea que para el 2038 el país cuente con un 80% de energía renovable en la matriz energética de electricidad<sup>7</sup>.

---

<sup>6</sup>International Energy Agency. (2014). *Technology Roadmap - Solar Photovoltaic Energy 2014*. Report. <https://www.iea.org/reports/technology-roadmap-solar-photovoltaic-energy-2014>

<sup>7</sup>Cerna, A. S. (2019). *Energías Renovables en Honduras*. Secretaría de Estado en el Despacho de Energía. <https://cutt.ly/RmuUgeO>

Para lograr dicho objetivo el estado hondureño aprobó algunas leyes. Una de ellas es la ley de promoción a la generación de energía eléctrica con recursos renovables, la cual tiene como finalidad principal promover la inversión pública o privada en este tipo de proyectos mediante distintas acciones, tales como; agilizar estudios y construcciones de nuevas centrales de generación de energía renovable, aumentar la eficiencia del sistema interconectado nacional, exoneración del pago de impuestos y aranceles para todos los equipos y materiales importados a utilizarse en estos proyectos y la exoneración del pago de todos los impuestos conexos a la renta durante un plazo de diez años, entre otras estrategias que benefician a los inversores.

También existe la ley general de la industria eléctrica (LGIE), la cual tiene por objeto regular las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio de la república hondureña<sup>8</sup>.

Desde 2015 se tiene registrado el inicio de más de 15 proyectos de energía solar fotovoltaica, principalmente en la región sur del país<sup>9</sup>. Los proyectos de menor capacidad tienen una potencia instalada de 5 y 11.9 MW y se encuentran en el departamento de Choluteca, el resto superan los 20 MW de potencia instalada, incluso en el mismo departamento de Choluteca hay un proyecto con una potencia pico de 50 MW. Es importante destacar que Honduras cuenta con el parque solar más grande de Centro América, este fue realizado en conjunto por dos empresas, la Compañía Hondureña de Energía Renovable S.A y Solar Power S.A, el proyecto cuenta con un total de 480,000 paneles solares y una potencia pico instalada de 125 MW<sup>10</sup>.

---

<sup>8</sup> Ley de promoción a la generación de energía eléctrica con recursos renovables, Diario Oficial La Gaceta 1 (2013).

<sup>9</sup> Reyes, L., Ferrufino, J. y Álvarez, H. (2019). Situación de la Generación de la Energía Eléctrica a través de Energía Fotovoltaica en Honduras Julio 2015 - marzo 2018. *Revista De La Escuela De Física*, 7(2), 83–92. <https://doi.org/10.5377/ref.v7i2.9329>

<sup>10</sup> National Geographic. (2018). *Nacaome-Valle, la planta solar que ilumina honduras*. <https://www.ngenespanol.com/naturaleza/planta-solar-mas-grande-de-america-latina/>

En el sector de instituciones educativas, destacaba el interés en energías limpias por parte de la universidad de San Pedro Sula (USAP) con la implementación de 1270 paneles solares en 6 de sus edificios, con la capacidad de suplir el 30% del consumo de energía. Desde su instalación los estudiantes fueron parte del proyecto y actualmente se mantienen integrados en el grupo de monitoreo del funcionamiento y eficiencia de la instalación<sup>11</sup>.

### **Fase I Parque Solar**

En el año 2016 luego de realizar los estudios necesarios para ejecutar el proyecto, tomando en cuenta el avance en las energías renovables con la que contaba Honduras, Zamorano llevo a cabo la instalación de un parque solar dentro de su campus con 2940 paneles solares que contaba con una potencia instalada de 926.1 kW. Ya que el costo total por las distintas actividades de acondicionamiento y compra de los equipos ascendía a \$. 1,288,745 la comisión encargada de este proyecto lo analizó a fondo antes de ser ejecutado.

El lugar dentro del campus para esta instalación (Anexo E) fue seleccionado de acuerdo a ciertos factores como ausencia de sombra en los alrededores, suelo no apto para cultivos que en este caso era un terreno con un drenaje moderadamente excesivo y en el que previamente existía una plantación de pino que no había crecido al ritmo esperado, para la construcción era importante que este terreno no fuera pedregoso y finalmente la cercanía que tenía a la red también fue una gran ventaja para evitar gastos en instalaciones que trasladaran la energía eléctrica hasta ese punto, además que eso hubiese implicado la perdida de energía de alguna manera. También hay que tomar en cuenta que al estar cerca del departamento de ambiente y desarrollo esta tecnología se encuentra al alcance de los estudiantes de Zamorano.

---

<sup>11</sup> García Albra, J. y Meirovich, H. (2018). *Energías Renovables para America Latina y El caribe*. BID Invest. <https://idbinvest.org/es/publicaciones/energias-renovables-para-america-latina-y-el-caribe-honduras-energia-solar>

El ahorro en la factura (Anexo F) por el precio de la energía en ese momento también había sido estimado para decidir si llevar a cabo la instalación, además de la cantidad de CO<sub>2</sub> que se consideraba iba a disminuir con este proyecto y que era un aspecto muy importante para Zamorano por su compromiso ambiental y lo que representaba como institución dentro de la región.

Para validar el alcance que había tenido el proyecto de acuerdo a los resultados esperados, estudiantes de la universidad realizaron estudios al cabo de 1 y 4 años de haber iniciado el proyecto. En un estudio por parte de un estudiante se concluyó que el impacto financiero durante el cuarto año de operación fue positivo, generando un ahorro total de USD 192,665.61. Además, el ROE proporcionó valores dentro de los estándares internacionales (13.36%), lo que confirma la rentabilidad positiva de la inversión<sup>12</sup>.

Con la ayuda de los datos obtenidos del programa Green Power Monitor (Anexo G) se analizó la producción que había tenido el parque solar con el tiempo y el beneficio tanto económico como ambiental que se había generado, un ahorro mensual promedio de L. 241,900 y una reducción en emisiones de 863,448.75 kg de CO<sub>2</sub> durante 2020, comprobando que efectivamente se estaba cumpliendo con las metas planteadas en un inicio.

Con la validación de los beneficios que generaba el parque solar y algunas lecciones aprendidas durante el transcurso de su funcionamiento, Zamorano se estaba planteando ampliar su parque solar con la ejecución de una fase 2 pero nuevamente necesitaban estar seguros que fuera la decisión correcta destinar fondos disponibles para este nuevo proyecto.

---

<sup>12</sup> Ortiz Peralta, G. B. (noviembre, 2020). *Evaluación Técnica-Financiera del Parque Solar de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, durante su cuarto año de operación* [Tesis]. Escuela Agrícola

## Fase II del Parque Solar

En el año 2020 había posibilidad de optar a fondos disponibles para un nuevo proyecto, al ser Zamorano una institución sin fines de lucro y financiada principalmente por fiduciarios, los fondos podían ser solicitados por otros proyectos dentro de la institución, por lo que no era seguro que fueran a ser otorgados para una segunda fase del parque solar. Gracias a los estudios de validación realizados previamente, ya se conocía el beneficio que generaba el parque solar y eso facilitaba que se diera acceso a los fondos disponibles para seguir ampliándolo.

Para esta nueva fase existía una decisión por tomar, ya que el nuevo comité que estaba gestionando el proyecto estaba considerando cambiar la tecnología de la estructura instalada. En lugar de utilizar paneles policristalinos se querían utilizar monocristalinos, y los paneles no iban a estar colocados en una posición fija, en su lugar se deseaba que estuvieran instalados con rastreadores solares que permitieran el movimiento automático de los paneles de acuerdo al movimiento del sol durante el día, el cambio en estas tecnologías implicaría un aumento en los costos comparado con la fase 1 (Anexo H), pero sería una instalación más eficiente tomando en cuenta también que los paneles monocristalinos tienen silicio más puro en su composición que los policristalinos<sup>13</sup>.

Por ser un proyecto de bastante importancia y que implicaba una fuerte inversión, se debía tomar en cuenta distintas opciones de proveedores y determinar cuál era la mejor. El cambio de tecnologías además de poder brindar resultados más eficientes también significaba para Zamorano mantenerse a la vanguardia y añadir ventaja competitiva a su imagen, además de otorgarle a sus estudiantes una fuente de aprendizaje más amplia con tecnología de punta.

---

<sup>13</sup> Fernández Barrera, M. (2010). *Energía solar: electricidad fotovoltaica*, Madrid, España.

La institución tenía que decidir cuál era la mejor opción, ya que también había que tomar en cuenta que la experiencia adquirida durante la fase 1 no iba ser totalmente aplicable a la fase 2 por el cambio en tecnologías, también se debía dar importancia al hecho que en el 2021 se aprobaría un decreto en el país que le permitiría a la institución vender el excedente de energía a la empresa eléctrica (Anexo I y J), de esta manera financieramente no solo se ahorraría en la factura mensual del gasto energético, también se podría tener ingresos por la venta de energía.

Para poder tomar la mejor decisión las empresas que radicaban como opciones para ejecutar la fase 2 serían evaluadas por la junta encargada del proyecto, esta junta tomaría en cuenta aspectos como la experiencia de la empresa, la calidad del equipo a utilizar, el tiempo en el que proyectaban ejecutar el proyecto y por su puesto indicadores financieros tales como VAN, TIR, PRI y relación beneficio costo que se obtenían tomando en cuenta las especificaciones de cada empresa.

La oportunidad de ampliar el parque solar con nueva tecnología ya estaba planteada, la institución se acercaba a sus 80 años de fundación y era reconocida en toda la región por su excelencia educativa y avances tanto científicos como tecnológicos por lo que un proyecto de esta relevancia tenía que ser llevado con cautela y convicción ya que la universidad tenía una excelente reputación como institución. Era momento que la junta directiva de Zamorano tomará la mejor decisión ¿Era más importante el aspecto educativo o financiero? ¿Cuál era la estrategia adecuada para el proyecto? Por la relevancia del proyecto ¿También es necesario hacer un análisis de riesgos? ¿Vale la pena la ejecución de un benchmarking del panorama de la energía renovable en Honduras?

## Anexo B

### Ficha técnica fase 1

Ficha Técnica Fase 1	
Potencia pico Instalada (kW)	926.1
Paneles solares	2940
Tipo	Policristalinos
Marca	JKM-315P-72
Cantidad de inversores	14
Marca	SMA
Transformador	1000 KVA
Producción de energía proyectada anual (kWh)	1372009
2017	1413666.81
2018	1379456.98
2019	935291.89
2020	1308255.68
Promedio Anual (kWh)	<b>1,259,167.84</b>
Proyectada mensual (kWh)	114334.08
2017	117805.57
2018	114954.75
2019	77940.99
2020	109021.31
Promedio Mensual (kWh)	<b>104,930.66</b>
PR%	
PR Proyectado anual (%)	0.75
2017	0.76
2018	0.76
2019	0.66
2020	0.7
Promedio Anual (%)	0.72
Inversión del Proyecto	<b>\$ 1,288,744.66</b>
Contrato	
Empresa contratada	ENERTIVA
Tiempo (años)	5 (2019-2024)
Valor por año	<b>\$ 14,072.00</b>
Actividades dentro del contrato	
Mantenimiento preventivo 2 veces/año	
Mantenimiento correctivo	
Acompañamiento reemplazo equipos	
Informes mensuales	
Apoyar con el sistema de monitoreo	

## Anexo C

### Ficha técnica fase 2

<b>Ficha Técnica Fase 2</b>	
Potencia Pico Deseada	> 400 kWp
Paneles solares necesarios	-
Tipo	Monocristalinos
Marca	Top 10 y fácil adquisición
Seguidores	Necesarios
Marca	Huawei
Transformador	500 kVA
Energía proyectada anual mínima (kWh)	<b>700000</b>
Proyectada mensual mínima (kWh)	<b>59000</b>
PR Proyectado anual mínimo (%)	0.75
Fondos disponibles	<b>\$ 400,000.00</b>

## Anexo D

### *Aumento en la tarifa del costo de energía eléctrica*

<b>Tarifa Costo Energía Eléctrica Mensual</b>					
Mes\Año	2015	2016	2017	2018	2019
Enero	L 2.3543	L 2.3543	L 2.4603	L 2.7133	L 3.0883
Febrero	L 2.3543	L 2.3543	L 2.5455	L 2.7133	L 3.0883
Marzo	L 2.3543	L 2.3543	L 2.6307	L 2.7133	L 3.4056
Abril	L 2.3543	L 2.3543	L 2.6477	L 2.7133	L 3.4056
Mayo	L 2.3543	L 2.3989	L 2.6908	L 2.7299	L 3.4056
Junio	L 2.3543	L 2.3989	L 2.7068	L 2.7299	L 3.4006
Julio	L 2.3543	L 2.3989	L 2.7068	L 2.7299	L 3.4006
Agosto	L 2.3543	L 2.3989	L 2.6914	L 2.7299	L 3.4006
Septiembre	L 2.3543	L 2.3989	L 2.6914	L 3.1611	L 3.2387
Octubre	L 2.3543	L 2.3989	L 2.6914	L 3.1611	L 3.2387
Noviembre	L 2.3543	L 2.4603	L 2.7133	L 3.1611	L 3.2387
Diciembre	L 2.3544	L 2.4603	L 2.7133	L 3.0883	L 3.3617
<b>Promedio</b>	L 2.3543	L 2.3943	L 2.6575	L 2.8620	L 3.3061

### Anexo E

#### Ubicación del parque solar



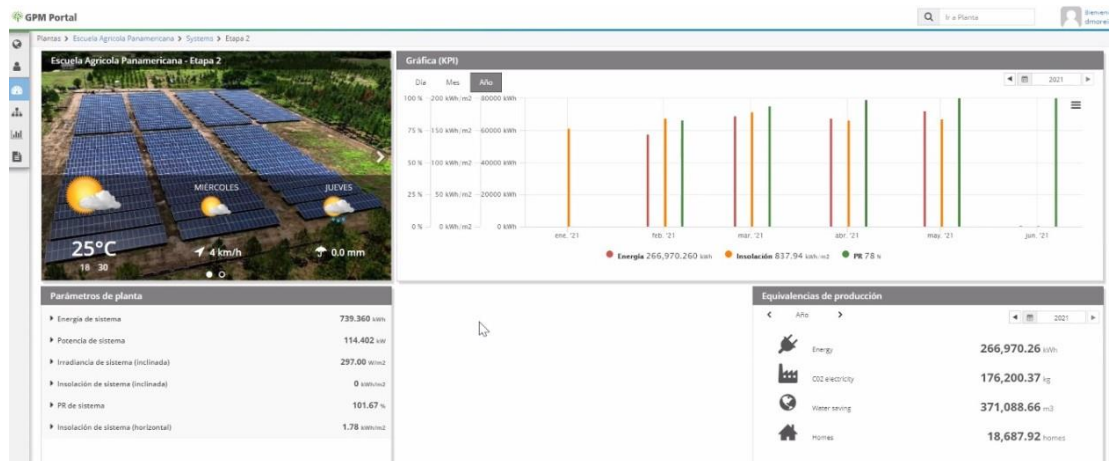
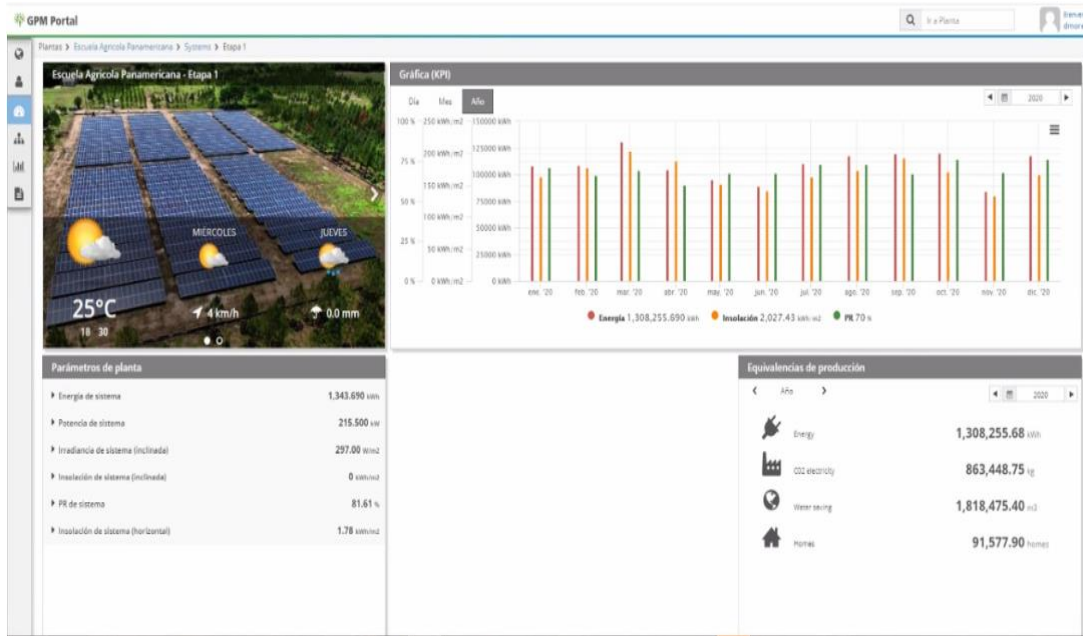
**Anexo F**

*Ahorro en la factura por consumo de energía*

<b>Ahorro en la factura</b>					
Mes\Año		2017	2018	2019	2020
Enero	L	315,863.16	L 280,975.78	L 237,527.33	L 359,059.82
Febrero	L	301,005.38	L 229,884.34	L 216,181.00	L 362,492.11
Marzo	L	342,356.67	L 362,282.53	L 221,364.00	L 434,687.98
Abril	L	332,312.83	L 325,652.98	L 75,267.17	L 278,776.47
Mayo	L	300,239.46	L 286,699.56	L 346,254.16	L 251,410.62
Junio	L	280,565.23	L 289,410.35	L 320,805.80	L 219,861.22
Julio	L	292,453.50	L 330,533.56	L 338,050.25	L 272,765.73
Agosto	L	329,333.16	L 325,212.99	L 358,814.31	L 291,240.24
Septiembre	L	325,376.80	L 400,941.28	L 339,908.04	L 303,641.51
Octubre	L	296,899.10	L 374,220.50	L 360,535.32	L 305,767.89
Noviembre	L	323,409.08	L 354,609.04	L 306,108.97	L 213,839.23
Diciembre	L	268,041.48	L 336,044.10	L 381,092.40	L 314,961.54
<b>Total</b>	L	<b>3,707,855.85</b>	<b>L 3,896,467.01</b>	<b>L 3,501,908.75</b>	<b>L 3,608,504.36</b>

### Anexo G

#### Ejemplos del monitoreo mediante el programa Green Power Monitor



## Anexo H

## Costos Fase 2

Descripción	Total
<b>Obra Civil</b>	<b>\$ 26,890.00</b>
Limpieza del terreno	\$ 6,400.00
Movimiento de tierras	\$ 3,750.00
Base Centro Transformación (Excavación)	\$ 2,250.00
Cerca Perimetral incluidos postes (suministro y montaje)	\$ 12,950.00
<b>Estructura seguimiento a 1 eje</b>	<b>\$ 63,300.00</b>
Suministro de estructura, seguidores	\$ 42,500.00
Pilotaje (incluye pull-ou-test)	\$ 15,000.00
Pedrilling 10%	\$ 1,300.00
Instalación estructura seguidor	\$ 4,500.00
<b>Módulos fotovoltaicos</b>	<b>\$ 98,863.80</b>
Suministro módulos incluyendo transporte a obra	\$ 94,543.80
Montaje y pequeño material	\$ 4,320.00
Inversores	\$ 23,550.00
Suministro de Inversores	\$ 23,100.00
Montaje inversores	\$ 450.00
<b>Conexión eléctrica CC - CA</b>	<b>\$ 36,750.00</b>
Cables CC Suministro y montaje	\$ 11,600.00
Cables CA Suministro y montaje	\$ 11,900.00
Red de tierras, cable desnudo, piquetas planta y CT, Sum y montaje	\$ 3,500.00
Armarios, equipos de protección y resto material eléctrico	\$ 8,000.00
Fibra óptica, RS485, armario de comunicaciones	\$ 1,000.00
Estación Meteorológica	\$ 750.00
<b>Interconexión a línea existente</b>	<b>\$ 21,900.00</b>
Centro de Transformación	\$ 10,000.00
Cimentación CT	\$ 2,900.00
Cableado MT	\$ 1,500.00
Postes, cuchillas, fusibles, equipos de protección, pararrayos	\$ 7,000.00
<b>Scada Ampliación</b>	<b>\$ 6,000.00</b>
SCADA software	\$ 5,000.00
SCADA programación	\$ 500.00
Conexión Scada	\$ 500.00
<b>SUB-TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>	<b>\$ 277,253.80</b>
<b>Ingeniería</b>	<b>\$ 51,314.00</b>
Proyecto ejecutivo (Topográfico, proyecto solar, estudio pull-out)	\$ 15,000.00
Diseño	\$ 8,814.00
Supervisión y dirección de obra	\$ 17,500.00
Puesta en servicio	\$ 10,000.00
Misceláneos	\$ 13,932.00
Maquinaria, Viáticos, equipos de transporte, gastos administrativos	\$ 13,932.00
<b>SUB-TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>\$ 65,246.00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 342,499.80</b>

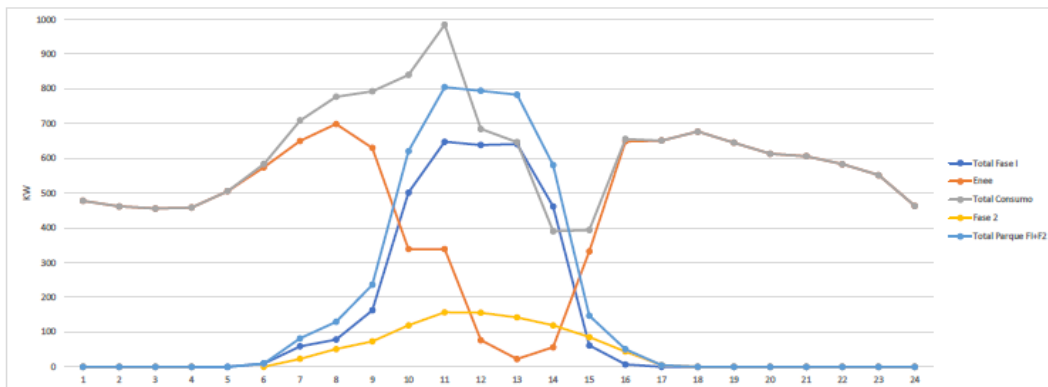
## Anexo I

*Datos de excedentes producidos por el parque solar*

Producción de Excedentes						
Mes\Año	2019			2020		
	Energía (kWh)	Tarifa	Costo (L)	Energía (kWh)	Tarifa	Costo (L)
Enero	1516.2	L 3.09	L 4,682.48	4988.16	L 3.36	L 16,768.70
Febrero	699.96	L 3.09	L 2,161.69	1889.76	L 3.36	L 6,352.81
Marzo	1694.04	L 3.41	L 5,769.22	1982.28	L 3.36	L 6,663.83
Abril	616.32	L 3.41	L 2,098.94	249.36	L 2.68	L 668.88
Mayo	348.96	L 3.41	L 1,188.42	275.52	L 2.68	L 739.05
Junio	76.2	L 3.40	L 259.13	881.4	L 2.50	L 2,207.03
Julio	42	L 3.40	L 142.83	1825.2	L 2.50	L 4,570.30
Agosto	341.4	L 3.40	L 1,160.96	1424.28	L 2.50	L 3,566.40
Septiembre	87.72	L 3.24	L 284.10	3109.08	L 2.56	L 7,965.15
Octubre	730.44	L 3.24	L 2,365.68	2418.6	L 2.56	L 6,196.21
Noviembre	744.96	L 3.24	L 2,412.70	1451.76	L 2.56	L 3,719.26
Diciembre	9816.24	L 3.36	L 32,999.25	10154.64	L 2.71	L 27,511.97
<b>Total</b>	16714.44		<b>L 55,525.39</b>	30650.04		<b>L 86,929.59</b>

## Anexo J

Ejemplo gráfico de un día con excedentes



## Anexo K

## Criterios de evaluación

Aspecto	Rango	Puntos
Capacidad Módulo Fotovoltaico	Potencia > 450Wp	10
	Potencia 449-300Wp	5
	Potencia < 300Wp	2
Marca inversor	Top 10	8
	Menor al Top 10	0
Presencia del inversor en el mercado	Adquisición 1 a 2 semanas	2
	Adquisición > 2 semanas	0
Maraca rastreador solar	Top 10	8
	Menor al Top 10	0
Presencia del rastreador en el mercado	Adquisición 1 a 2 semanas	2
	Adquisición > 2 semanas	0
Tamaño de proyectos realizados	> 2 MW	15
	1 a 2 MW	10
	< 1 MW	5
Número de proyectos realizados	> 5	5
	3 a 5	2
	< 3	0
Meses para ejecutar la obra	5 a 5.5	10
	6 a 6.5	6
	7 a 7.5	4
	8 o más	0
VAN	Primero	10
	Segundo	7
	Tercero	5
	Cuarto	2
	Quinto	0
TIR	> 20	10
	12 a 20	5
	< 12	0
PRI	Primero	10
	Segundo	7
	Tercero	5
	Cuarto	2
	Quinto	0
Relación B/C	Primero	10
	Segundo	7
	Tercero	5
	Cuarto	2
	Quinto	0

**Anexo L***Resumen indicadores financieros*

<b>Indicadores</b>	<b>Oferta 1</b>	<b>Oferta 2</b>	<b>Oferta 3</b>	<b>Oferta 4</b>	<b>Oferta 5</b>
VAN	138,280.67	140,125.92	106,839.30	46,773.64	68,195.41
TIR	20%	19%	18%	14%	16%
PRI (años)	4.39	4.53	4.91	5.73	5.27
Relación Beneficio/Costo	1.39	1.35	1.27	1.10	1.17

## Anexo M

### *Resumen de la selección de opciones*

<b>Asignación de Calificaciones</b>		<b>Resumen</b>				
Parámetro	Puntos Posibles	Oferta 1	Oferta 2	Oferta 3	Oferta 4	Oferta 5
Selección de equipos	30	30	28	25	25	23
Experiencia de la empresa	20	20	5	12	12	20
Tiempo de ejecución proyectada	10	6	4	6	0	10
Indicadores financieros	40	29	34	20	5	11
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>66</b>	<b>71</b>	<b>63</b>	<b>42</b>	<b>64</b>