

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA FACTIBILIDAD DE LOS PARQUES SOLARES FOTOVOLTAICOS

PROCEDURE TO DETERMINE THE ECONOMIC AND TECHNICAL FEASIBILITY OF PHOTOVOLTAIC SOLAR PARKS

Dayana Quevedo Batista ^{I *}  <https://orcid.org/0000-0002-9961-6467>

Yunelys Ortiz Chávez ^{II}  <https://orcid.org/0000-0002-6718-4399>

^I Empresa Eléctrica Holguín, Holguín, Cuba

^{II} Consultoría Económica CANEC S.A, Sucursal Holguín, Cuba

* Autor para dirigir correspondencia: yortiz@hol.canec.co.cu

Clasificación JEL: Q2

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5534754>

Recibido: 28/04/2020

Aceptado: 26/11/2020

Resumen

Las fuentes renovables de energía son la alternativa del futuro. El sector fotovoltaico se encuentra en estos momentos a la vanguardia de las energías renovables. El objetivo de esta investigación es presentar un procedimiento para determinar la factibilidad técnico-económica de parques solares fotovoltaicos conectados al Sistema Electro-Energético Nacional (SEN) en Cuba. El procedimiento propuesto consta de cinco fases desglosadas en pasos, así como las técnicas que se pueden emplear en ellas, analiza como primera fase y factor concluyente de la ejecución del proyecto la incidencia de las variables meteorológicas en el área objeto de estudio. Se valora el procedimiento aplicando el método de Kendall donde tienen un factor de concordancia del 80 % entre los expertos. Los principales métodos utilizados fueron el Inductivo-deductivo, Sistemico estructural, Analítico-sintético e Histórico-lógico, las encuestas científicas, entrevistas científicas, observación científica, consulta de documentos para la recopilación de la información, entre otros.

Palabras clave: energía, fuentes renovables, factibilidad, parques solares fotovoltaicos

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA FACTIBILIDAD DE LOS PARQUES SOLARES FOTOVOLTAICOS

Abstract

The renewable energy sources are the future alternative due to the minimal environmental impact, compared with the current energies. The photovoltaic sector is to the vanguard of renewable energies nowadays. This investigation's objective is: to make a procedure to determine the economic and technical feasibility of photovoltaic solar parks (PSP) connected to the Cuban National Electro-Energetic System (NES). The proposed procedure has five phases, each of them with several paces, as much as the techniques to be used on them. The first phase and main factor of project's execution is the meteorological variables' incidence in the area subjected to study. The procedure is validated using the Kendall method with a concordance factor of 80 % of experts' discrepancy.

Keywords: energy, renewable energy, feasibility, parks photovoltaic solar

Introducción

En la actualidad se evidencia que el uso de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) es una alternativa insostenible para generar energía eléctrica en el tiempo, por los daños ambientales, sociales y económicos que ocasiona. Sin embargo, la matriz energética mundial sigue dominada por las llamadas energías no renovables.

Durante los últimos 20 años se han propuesto e implementado soluciones a nivel mundial con la generación de la energía a partir de fuentes no convencionales y de carácter renovable, demandada por los sectores residencial, comercial e industrial. Estas propuestas contribuyen significativamente con la disminución de emisiones nocivas para el medio ambiente y la disminución de los costos de la generación de energía eléctrica. Cada MegaWatt (MW) de Energía Solar Fotovoltaica (ESFV) instalado genera 1 500 MW al año. Esto representa un ahorro de 390 toneladas (t) de combustible y se dejan de emitir 1 273,5 t de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera, siendo el costo de la instalación de tres millones de pesos cubanos (CUP) por 1 MW instalado según información de la Unión Nacional Eléctrica (UNE), Balance Anual 2017.¹

Por eso, la “Política para el Desarrollo Perspectivo de las Fuentes Renovables de Energía (FRE), el uso eficiente de la energía” y su programa, aprobados el 21 de junio de 2014 por el Consejo de Ministros, se propone para el 2030 aumentar a un 24 % la utilización de las FRE para producir electricidad.²

Como tarea fundamental del país trazada dentro de los lineamientos de la política económica y social aprobados en el VI congreso el Partido Comunista de Cuba (PCC) se hace alusión al uso de fuentes alternativas de energía en el lineamiento 204.” Acelerar el cumplimiento del Programa aprobado hasta 2030 para el desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía”.³

Cuba se caracteriza por tener una radiación solar promedio de más de 5 kWh/m²/día, por lo que al año se tiene por cada m² de superficie 1 825 kWh/m², aspecto muy positivo, a diferencia de otras latitudes mayores.⁴ Estas condiciones naturales, avalan las potencialidades existentes, para el desarrollo de inversiones en la instalación de parques solares fotovoltaicos conectados a la RED, e impulsar el aprovechamiento progresivo y creciente de esa fuente renovable de energía.

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA FACTIBILIDAD DE LOS PARQUES SOLARES FOTOVOLTAICOS

Para poder explotar este tipo de energía es necesario acometer un proceso inversionista en Cuba, el cual está legislado por el Consejo de Ministros en el Decreto No 327⁵ Reglamento del Proceso Inversionista establece en su Artículo 109.1: “La fase de pre-inversión comprende el conjunto de investigaciones, proyectos y estudios técnico-económicos y ambientales, encaminados a fundamentar la necesidad y conveniencia de su ejecución con un alto grado de certeza respecto a su viabilidad y eficacia, en las subsiguientes etapas de su desarrollo. Estas documentaciones se dividen en estudios y valoraciones previas al estudio de factibilidad técnico-económica y estudio de factibilidad técnico-económica.

Los estudios y valoraciones se realizan en dependencia de las características y complejidades de la inversión⁶⁻⁸ para lo cual se recomienda la aplicación de la gestión de proyectos⁹⁻¹¹ y el estudio de similares proyectos de inversión en la generación eléctrica y fotovoltaica.¹²⁻¹³

La provincia de Holguín con una extensión de 9209.71 km² ocupa el 8.4 % del territorio nacional con una población aproximada de 1 035 072 habitantes. Tanto en extensión como población ocupa el tercer lugar a nivel nacional. 240 MW La demanda máxima absoluta de potencia eléctrica de la provincia ocupa el tercer lugar después de la Habana y Matanzas.¹ En esta se pretenden ubicar 23 Parques Solares Fotovoltaicos que generarán 90 MW¹ para apoyar la demanda creciente de electricidad en esta.

En estudios realizados en el marco de esta investigación a una muestra de los parques solares fotovoltaicos ya en funcionamiento en el país se evidencia que estos están presentando problemas debido a:

- Necesidad de grandes inversiones iniciales para las construcciones de estos PSFV
- Pérdida de beneficios por bajo rendimiento (ampara la diferencia entre el rendimiento estimado y la producción real de electricidad vertida a la red debido a una caída de la expectativa de horas e intensidad del sol).
- Se necesitan grandes extensiones de tierra que puede ser utilizada en otros beneficios, como la agricultura para el montaje de estos parques solares fotovoltaicos.
- Deficiente elección de la tecnología más fiable en cuanto a sus partes y componentes, una vez ya en funcionamiento comienzan a dar errores de operación.

Al analizar las causas de estos problemas mediante tormentas de ideas realizadas por los expertos el 87%, determinó que estas están dadas por la insuficiente literatura disponible que aglutine los pasos a seguir para determinar la factibilidad técnico - económica financiera, donde no se tiene en cuenta el análisis de las condiciones climatológicas como factor determinante y decisivo en la eficacia del Parque Solar Fotovoltaico (PSFV), para acometer las inversiones en cuanto a la construcción de los PSFV siendo esta la situación problemática que da lugar al siguiente problema científico. Es por ello que el problema que se aborda es la carencia de un procedimiento para la determinación de la factibilidad técnico - económica financiera para los Parques Solares Fotovoltaicos en el contexto cubano.

Para dar respuesta al problema se propone como objetivo de la investigación que se expone en este artículo es elaborar un procedimiento para determinar la factibilidad técnico - económica de parques solares fotovoltaicos conectados a la red en Cuba. Se determinaron como objetivos específicos los siguientes:

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA FACTIBILIDAD DE LOS PARQUES SOLARES FOTOVOLTAICOS

- Revisar y análisis de la bibliografía acerca de la legislación internacional y nacional que estipulen los requisitos para la realización de estudios de factibilidad técnico económico para los PSFV en Cuba.
- Proponer un procedimiento para la realización de los Estudios de Factibilidad a los PSFV en Cuba.
- Valorar por especialistas el procedimiento propuesto para la realización de los Estudios de Factibilidad a los PSFV en Cuba.

Materiales y Métodos

Para estructurar el trabajo se realizó un procedimiento para determinar la factibilidad técnico económico de los PSFV (Ver **Figura 1**) teniendo en cuenta materiales consultados.¹⁴⁻¹⁶ También se emplean métodos de la gestión financiera^{17,18} y la valoración técnico-económica.¹⁹

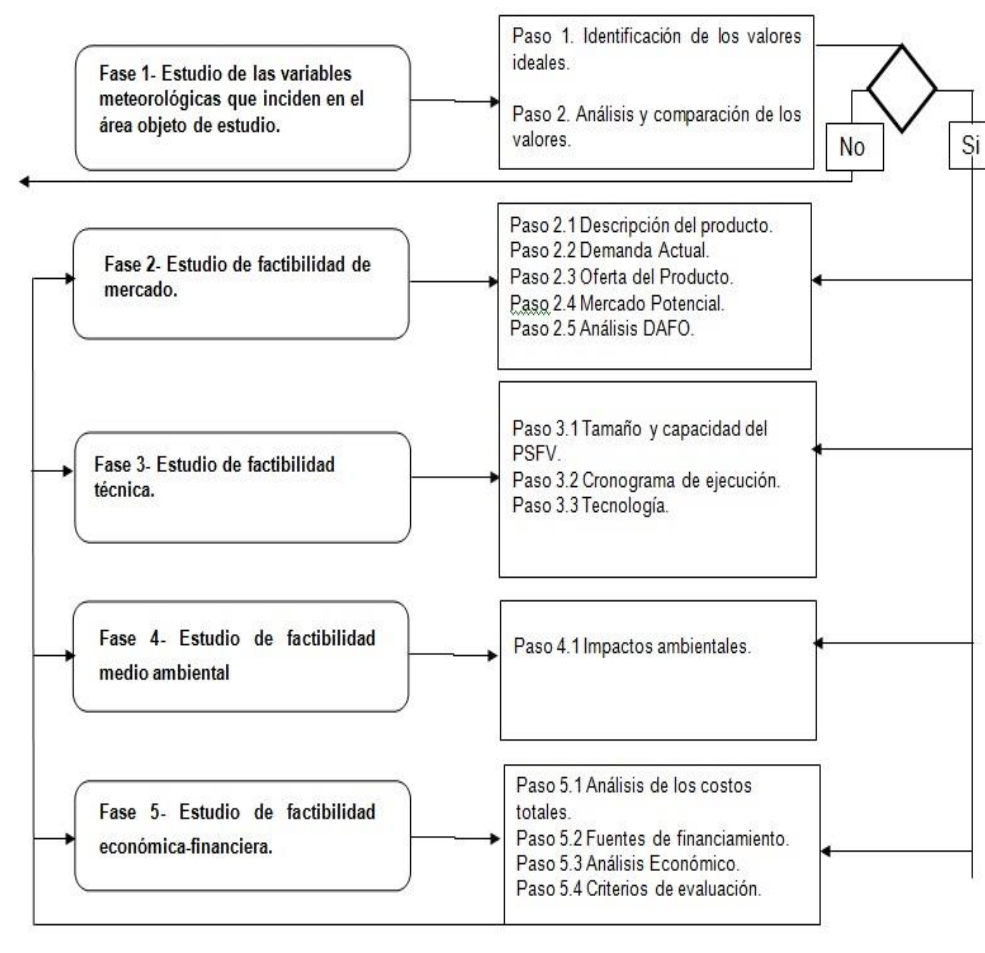


Figura 1. Procedimiento para determinar la factibilidad de los parques solares fotovoltaicos

Fuente: elaboración propia

El procedimiento propuesto en la **Figura 1** consta de cinco fases desglosadas en pasos, así como las técnicas que se pueden emplear en ellas. Analiza como primera fase y factor concluyente de la

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA FACTIBILIDAD DE LOS PARQUES SOLARES FOTOVOLTAICOS

ejecución del proyecto la incidencia de las variables meteorológicas en el área objeto de estudio, ofrece los pasos a seguir para realizar un análisis de mercado exhaustivo, estudio de mercado, estudio técnico, estudio medioambiental y análisis económico financiero.

Resultados y discusión

Fase 1: Estudio de las variables meteorológicas que inciden en el área objeto de estudio.

Objetivo: comparar los valores de las variables meteorológicas reales contra los valores ideales para decidir si se ejecuta la inversión.

En esta fase se realiza un análisis exhaustivo del comportamiento histórico de las variables meteorológicas que permita al inversionista tomar decisiones certeras, sobre la construcción de los PSFV en la zona decidida, para aprovechar al máximo las ventajas que ofrece la naturaleza.

Creación del equipo de trabajo

Las tareas que se desarrollarán en esta fase previa a la realización del paso 1, son:

Tarea 1: Selección del grupo de trabajo

Una vez definido el jefe del equipo de trabajo por parte de la institución, se deben seleccionar los miembros que conformarán el equipo multidisciplinario, representado por especialistas del grupo de pronóstico del Instituto Provincial de Meteorología y especialistas del área de inversiones de la Empresa Eléctrica Holguín, donde se efectuará el estudio. Puede realizarse a través de encuentros y reuniones con los directivos de la institución. Se considera que las principales características que deben tener los posibles candidatos para la realización del estudio, son:

- Conocer acerca del funcionamiento de los PSFV.
- Poseer conocimientos acerca de los estudios de factibilidad.
- Poseer conocimientos acerca de las variables meteorológicas.
- Ser los de mayor experiencia en la institución.
- Ser flexibles y creativos.
- Tener aptitudes para la comunicación interpersonal.
- De la selección de los miembros del equipo depende la efectividad de este grandemente.

Tarea 2: Conformación del equipo de trabajo y cuestionario

La conformación del equipo de trabajo deberá ser aprobada por la alta dirección del área de inversiones. Este deberá llevar a cabo el diagnóstico de la influencia de las variables meteorológicas en la eficacia del PSFV, realizar el procesamiento y la valoración integral de los resultados, elaborar el informe integrado del diagnóstico y su posterior presentación.

Para esta investigación se propone la aplicación de un instrumento (**Tabla 1**) donde se recogen los aspectos que se evaluarán para determinar si los candidatos presentan las competencias requeridas para esta actividad. Este se debe aplicar a los posibles candidatos.

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA FACTIBILIDAD DE LOS PARQUES SOLARES FOTOVOLTAICOS

Tabla 1. Test de Evaluación Equipo de trabajo

Test de Evaluación Equipo de trabajo
Nos encontramos realizando el siguiente cuestionario para conocer si usted posee las competencias para integrar un equipo de trabajo para determinar las variables meteorológicas que influyen en la eficacia de los PSFV. Necesitamos su cooperación y sinceridad para ello. La información que nos proporcione será manejada con la más estricta confidencialidad. Para ello responda las interrogantes siguientes:
¿Conoce usted qué es un estudio de factibilidad? Sí ___ No ___
¿Conoce usted la influencia que ejerce el sol a la eficacia de los PSFV? Sí ___ No ___
¿Conoce el funcionamiento de los PSFV? Sí ___ No ___
¿Usted tiene conocimientos de las variables meteorológicas? Sí ___ No ___
¿Usted tiene buena comunicación con sus compañeros? Sí ___ No ___
¿Usted se adapta con facilidad a los cambios? Sí ___ No ___
¿Utiliza creatividad a la hora de resolver los problemas? Sí ___ No ___
¿Cuántos años de experiencia laboral tiene usted? _____
¿Pertenece a la organización? Sí ___ No ___

Fuente: elaboración propia

Se propone la aplicación de una tormenta de ideas (Brainstorming) bajo la técnica del Round Robin, en la que cada participante, entre ellos algunos de los expertos seleccionados anteriormente, dé su opinión en las vueltas realizadas, y quedará registrada finalmente por el facilitador cada idea mediante la técnica del tarjado.

Técnicas: revisión de documentos, trabajo en grupo, encuentros, charlas, observación, entrevistas, encuestas, test y métodos de expertos.

Luego de conformar el equipo de trabajo el cual está integrado por cuatro trabajadores del área pronóstico del instituto Provincial de Meteorología y tres del área de inversiones se aplicó un cuestionario para determinar las variables meteorológicas que influyen en la eficacia de los PSFV.

El cuestionario para determinar las variables meteorológicas que influyen en la eficacia de los PSFV se muestra en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Cuestionario de las variables meteorológicas que influyen en la eficacia de los PSFV

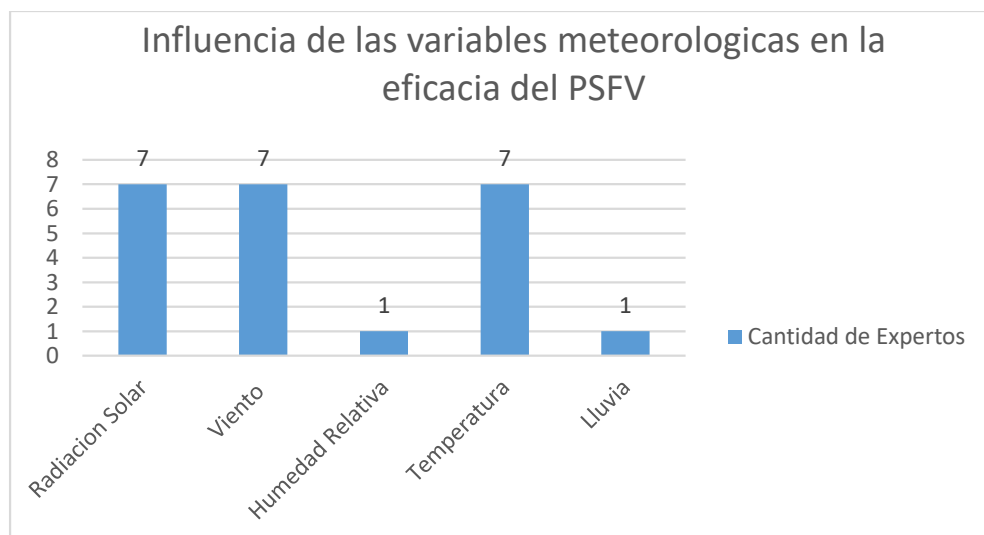
Marque con una X cuáles considera, de las siguientes variables meteorológicas las de mayor influencia en la eficacia de los PSFV:		
Viento ___	Lluvia ___	Temperatura ___
Nubosidad ___	Radiación Solar ___	Humedad Relativa ___

Fuente: elaboración propia

Luego de aplicar el cuestionario a los expertos se determinan las variables meteorológicas más influyentes en la eficacia de los PSFV (Ver **Figura 2**).

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA FACTIBILIDAD DE LOS PARQUES SOLARES FOTOVOLTAICOS

Figura 2. Influencia de las variables meteorológicas en la eficacia del PSFV



Fuente: elaboración propia

Como lo demuestra la figura anterior, el análisis de los cuestionarios evidenció que las variables más influenciadas para la eficacia de los PSFV, según los expertos son: Radiación Solar y Temperatura. Estas variables se medirán en el horario comprendido de 11.00 am y las 3.00 pm que son las horas de mayor radiación solar.

Paso 1. Identificación de los valores ideales de las variables meteorológicas según expertos

La **Tabla 3** muestra los valores ideales de las variables metodológicas definidas como las más influenciadas para la eficacia de los PDFV.

Tabla 3. Valores ideales de las variables meteorológicas

Variable Meteorológica	Valor
Radiación	800 W/m ²
Temperatura	28 °c (grados Celsius)
Velocidad del Viento	6 m/s (metro /segundo)

Fuente: elaboración propia

En instalaciones terrestres, la irradiación alcanza valores de entre 0 y 1000W/m² normalmente, siendo mayor la producción energética a mayor irradiación. La temperatura en cambio genera efectos contrarios, a mayor temperatura menor producción energética de los paneles.

Paso 2. Análisis y comparación de los valores de las variables meteorológicas

Se analizarán el comportamiento de los valores medios de las variables meteorológicas en el periodo de un año y se compararan con los valores ideales y de estar en un rango de $\pm 5\%$ se decidirá por la construcción del PSFV en la localidad escogida. Se analizarán los datos de la estación meteorológica más cercana al lugar objeto de estudio.

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA FACTIBILIDAD DE LOS PARQUES SOLARES FOTOVOLTAICOS

Técnica o Instrumento. Revisión de documentos, trabajo en grupo, encuentros, charlas, observación, entrevistas, encuestas, test.

Fase 2: Estudio de Mercado

Objetivo: realizar una investigación para anticipar la respuesta de los clientes potenciales y la competencia ante el producto, su objetivo general es verificar la posibilidad real de penetración del producto en el mercado.

Paso 2.1. Descripción del producto

En este paso se hace la descripción de las características del producto, en todas sus partes, sin olvidar que el consumidor es el objeto final del mercadeo y que, en consecuencia, le debe procurar una satisfacción cubriendo su necesidad o expectativa.

- Localización
- Capacidad de Generación del PSFV o energía entregada al SEN

Técnica o Instrumento. Revisión de documentos, trabajo en grupo, encuentros, charlas, observación, entrevistas, encuestas, test.

Paso 2.2. Demanda Actual.

En este paso el propósito principal que se pretende con el análisis de la demanda es determinar y medir ¿cuáles son las fuerzas que afectan al mercado, así como establecer la posibilidad del servicio del proyecto en la satisfacción de dicha demanda.

En el análisis de la demanda se tendrá en cuenta las tendencias en los últimos 3 años del consumo de energía eléctrica en la Provincia. Las técnicas o instrumentos recomendados son la revisión de documentos, el trabajo en grupo, los encuentros, las charlas, la observación, las entrevistas, encuestas y los test.

Paso 2.3. Oferta del Producto

Aquí también resulta necesario conocer los factores cuantitativos y cualitativos que influyen en la oferta. En este aspecto es indispensable: conocer la cantidad de productores o suministradores del producto o prestadores del servicio y las tendencias a su incremento o disminución.

Se trata de analizar con detalle las empresas competidoras que podrían afectar en el futuro el fortalecimiento y crecimiento de nuestra inversión. Las técnicas o instrumentos o instrumentos recomendados son similares al paso anterior.

Paso 2.4. Mercado Potencial

El objetivo de este paso es determinar el conjunto de consumidores al que puede llegar el producto. Son aquellos que podrían necesitar el producto que queremos ofrecer. Está formado por las personas que consumen y no consumen el producto general que queremos ofrecer.

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA FACTIBILIDAD DE LOS PARQUES SOLARES FOTOVOLTAICOS

Determinar aquel público que no consume el producto, pero que tienen o pueden llegar a tener la necesidad de consumirlo. Parte de ese mercado satisface sus necesidades comprándole a la competencia. Las técnicas o instrumentos o instrumentos recomendados son similares al paso anterior.

Paso 2.5. Análisis DAFO

El análisis de las Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO) es una herramienta que permite al inversionista analizar la realidad de su empresa, para poder tomar decisiones de futuro. El análisis DAFO se divide en dos partes (análisis interno y externo):

1. Análisis interno: (Fortalezas y Debilidades). En esta tarea se realiza una fotografía de la situación de la empresa o proyecto empresarial considerando sus Fortalezas y sus Debilidades.
 - Fortalezas: Describe los recursos y las destrezas que ha adquirido la empresa, ¿en qué nos diferenciamos de la competencia?, ¿Qué sabemos hacer mejor?
 - Debilidades: Describe los factores en los cuales poseemos una posición desfavorable respecto a la competencia. Para realizar el análisis interno se han de considerar análisis de recursos, de actividades y de riesgos.
2. Análisis externo: (Amenazas y Oportunidades) Tanto las Amenazas como las Oportunidades pertenecen al mundo exterior a la empresa, pero deberían ser tenidas en cuenta bien para superarlas, en el caso de las amenazas, o bien para aprovechar las oportunidades que brinda el mercado exterior.
 - Oportunidades: describen los posibles mercados, nichos de negocio que están a la vista de todos, pero si no son reconocidas a tiempo significa una pérdida de ventaja competitiva.
 - Amenazas: describen los factores que pueden poner en peligro la supervivencia de la organización, si dichas amenazas son reconocidas a tiempo pueden esquivarse o ser convertidas en oportunidades.

El inversionista deberá definir una estrategia, según los resultados obtenidos. Defensiva, Ofensiva, Supervivencia, Reorientación. Las técnicas o instrumentos recomendados son la revisión de documentos, el trabajo en grupo, los encuentros, las charlas, la observación, las entrevistas, encuestas y los test.

Fase 3: Estudio Técnico

La importancia de este estudio se deriva de la posibilidad de llevar a cabo una valorización económica de las variables técnicas del proyecto, que permitan una apreciación exacta o aproximada de los recursos necesarios para el proyecto; además de proporcionar información de utilidad al estudio económico-financiero. La fase tiene como principal objetivo demostrar la viabilidad técnica del proyecto que justifique la alternativa técnica que mejor se adapte a los criterios de optimización.

Paso 3.1. Tamaño y Capacidad del PSFV

La determinación y análisis de este paso resulta importante para la posterior realización y evaluación del PSFV porque permitirá en primera instancia llevar a cabo una aproximación de costos involucrados en las

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA FACTIBILIDAD DE LOS PARQUES SOLARES FOTOVOLTAICOS

inversiones necesarias para la realización y puesta en marcha del PSFV, que conlleven a un grado óptimo de aprovechamiento conforme a lo requerido por un tamaño y capacidad determinados.

El tamaño y capacidad de los PSFV se debe a dos aspectos principalmente:

- Determinar la porción de demanda insatisfecha que se pretende sea cubierta por el PSFV.
- Determinar la dimensión del área total con que cuenta el terreno disponible para la instalación del PSFV.

Técnicas o Instrumentos. Revisión de documentos, trabajo en grupo, encuentros, charlas, observación, entrevistas, encuestas, test.

Paso 3.2. Definir el cronograma de ejecución

En este paso se definirá el programa de construcción de la obra en función de la menor afectación sobre el medio ambiente y de la mayor eficacia del proceso siguiendo las tareas siguientes.

1. Características.
2. Cantidades (Producción anual).
3. Valor. Especificando los precios y su fuente.
4. Especificaciones acerca de la calidad.

El inversionista solo se verificará que el cronograma constructivo contenga estos aspectos. Dado que la construcción del PSFV la realiza la empresa constructora de Parques Solares Fotovoltaicos de la UNE EDIFRE.

Técnicas o Instrumentos. Revisión de documentos, trabajo en grupo, encuentros, charlas, observación, entrevistas, encuestas, test.

Paso 3.3. Tecnología

La solución tecnológica de un proyecto influye considerablemente sobre el costo de inversión, y en el empleo racional de las materias primas y materiales, consumos energéticos y la fuerza de trabajo. Las variables del paquete tecnológico se interrelacionan, de modo que optar por un proceso o un equipo en particular exige disponer del servicio técnico y de los insumos apropiados.

Para evaluar las diferentes alternativas de procesos tecnológicos posibles, seleccionando la óptima, se deberán comparar los elementos siguientes:

1. Proveedores y procedencia de la tecnología. Forma de adquisición (licencia, compra directa, etc.) y precios.
2. Facilidades del proveedor (precios, financiamiento, asistencia técnica, garantía, servicio de mantenimiento y piezas de repuesto).
3. Comportamiento de la tecnología en el mercado y su nivel científico-técnico en comparación con el nivel internacional y la utilizada por la competencia. Complejidad operacional. Productividad. Grado de automatización, control y seguridad. Parámetros técnicos.

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA FACTIBILIDAD DE LOS PARQUES SOLARES FOTOVOLTAICOS

4. Grado de integración nacional de la tecnología y de la posibilidad de elaborar en el país la documentación técnica de proyectos.
5. Compatibilidad de la tecnología
6. Parámetros de calidad de los productos a obtener en comparación con productos competitivos en el mercado mundial, atendiendo también a los requerimientos de los consumidores nacionales. Normas, patrones o rango de mercado, marcas y especificaciones. Control de calidad.
7. Caracterización y disponibilidad de los insumos.
8. Eficacia de los paneles solares
9. Tiempo de vida útil económica.
10. Requerimientos y normas de seguridad. Sistemas de protección e higiene del trabajo.

Algunos de estos factores sólo permiten un análisis cualitativo. Todos los que puedan ser cuantificables deberán considerarse en el cálculo del indicador de rentabilidad, Valor actual neto, debiéndose elegir aquel proceso que lo maximice.

Antes de comenzar a explotar la tecnología seleccionada se debe capacitar al 100% del personal seleccionado, para la construcción, montaje y explotación de la misma para evitar incurrir en gastos por desconocimiento de las funciones de esta.

El Estudio de Factibilidad deberá contar con un estimado del costo de la tecnología.

Para la selección de los equipos se tendrán en cuenta las necesidades de maquinarias y equipos, especificar las piezas de repuesto y herramientas, así como:

- Fuentes de adquisición. Posible producción nacional.
- Valor del equipo
- Depreciación anual
- Vida útil estimada

En relación a las obras de ingeniería civil se deben tener en cuenta las especificaciones, clasificándolas en:

1. Obras para la preparación del terreno: Movimiento de tierras, desbroce, demoliciones, etc.
2. Edificaciones y obras de ingeniería civil: Industriales, auxiliares, administrativos, almacenes, viviendas etc. Se incluirán aquellas adaptaciones o reforzamientos, así como obras de protección y defensivas que sean necesarias realizar.
3. Obras de infraestructura (inversiones inducidas directas): Carreteras y accesos, obras ferroviarias, generación o conexiones eléctricas, hidráulicas, sanitarias, marítimas, comunicaciones, planta de tratamiento de residuales, refugios, sistemas de vigilancia y seguridad de la planta. Se incluirán las obras que se deriven por afectaciones a edificaciones existentes en el terreno donde se ejecutará la inversión y que requieran ser demolidas.
4. Descripción detallada del tipo de construcción e instalación (montaje) y de los sistemas constructivos que se proponen. Área total y área cubierta.
5. Valor de las obras de Ingeniería civil. Complejidad de la ejecución.
6. Depreciación
7. Años de vida útil.

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA FACTIBILIDAD DE LOS PARQUES SOLARES FOTOVOLTAICOS

En el análisis de insumos se incluyen las materias primas y materiales y los servicios públicos (Electricidad, agua, combustible)

Para la mano de obra se deberá calcular la plantilla de personal a partir de las funciones que se realizarán, las categorías ocupacionales y el costo de mano de obra.

Técnicas o Instrumentos. Revisión de documentos, trabajo en grupo, encuentros, charlas, observación, entrevistas, encuestas, test.

Fase 4: Estudio de factibilidad-ambiental

El objetivo de esta fase es realizar un análisis de los impactos ambientales ocurridos debido a la inversión.

Fase 5: Estudio Económico Financiero

El objetivo de esta fase es determinar mediante un análisis económico financiero la factibilidad de la inversión.

Con el objetivo de valorar la utilidad y calidad del procedimiento diseñado, se empleó el criterio de expertos mediante la aplicación del método de concordancia de Kendall. De este proceso se obtuvo que el factor de concordancia es de 0,80, por tanto, la opinión de los expertos concuerda y se asume que el diseño de los procedimientos es aceptado. El 20 % de discrepancia entre los expertos está dado en la estructura del procedimiento debido a que no ven la necesidad del análisis de los impactos ambientales como una fase del procedimiento debido a que, esta inversión en su criterio no debe generar impactos ambientales negativos.

La aplicación parcial del procedimiento demuestra su utilidad debido a la organización de sus fases, pasos y tareas, además de la importancia de la fase número uno por la incidencia de éstas en la eficacia del PSFV.

La aplicación parcial del procedimiento demuestra la utilidad y pertinencia al interés de los inversionistas debido a la organización de sus fases, pasos y tareas además de la importancia de la fase número uno, análisis de las variables meteorológicas por la incidencia de estas en eficacia del PSFV.

Conclusiones

La generación de energía eléctrica a partir de las energías renovables ha ido en aumento por el gran número de ventajas que ofrecen, dentro de ellas una de las que más prometedoras es la ESFV por ser, no contaminantes y encontrarse disponible en todo el planeta, contribuye al desarrollo sostenible y a la generación de empleo en las zonas en que se implanta.

Las metodologías estudiadas para el desarrollo de esta investigación son adecuadas y pertinentes para realizar los Estudios de Factibilidad a la ESFV, pero no tienen en cuenta el análisis del recurso solar como factor importante y decisivo, siendo este determinante en la eficacia del parque.

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA FACTIBILIDAD DE LOS PARQUES SOLARES FOTOVOLTAICOS

Este procedimiento establece cinco fases y como primera propone una guía para el análisis de las variables meteorológicas, que es una etapa fundamental y decisiva, en la toma de decisiones para la construcción de los PSFV. Las variables meteorológicas según los expertos que mayor influencia tienen en la eficacia del PSFV son la radiación solar, la temperatura y el viento.

El procedimiento diseñado es un instrumento que permite dar solución al problema formulado, contribuyendo a mejorar la documentación los estudios de factibilidad técnico - económicos. Se demostró la factibilidad de su diseño a través del Método de Concordancia de Kendall.

Recomendaciones

Continuar la aplicación del procedimiento hasta completar sus cinco fases para determinar la factibilidad técnico-económica del PSFV Yuraguanal III.

Se propone generalizar el procedimiento propuesto a la Unión Eléctrica para realizar los estudios de factibilidad a los PSFV a partir de los resultados alcanzados en su aplicación parcial y la validación de los expertos.

Divulgar las experiencias y resultados obtenidos a partir de la aplicación del procedimiento a través de publicaciones y eventos científicos, favoreciendo la generalización de los resultados.

Referencias bibliográficas

1. Unión Nacional Eléctrica. Balance Anual. La Habana; 2017.
2. Domínguez J. Energía renovable: ¿solución para Cuba? Progreso semanal; 11 de febrero de 2017. [Consultado 10 de marzo 2020] Disponible en: <https://progresosemanal.us/20170210/energia-renovable-solucion-cuba/>
3. Partido Comunista de Cuba. 7mo Congreso del PCC. Documentos del 7mo. Congreso del Partido aprobados por el III Pleno del Comité Central del PCC el 18 de mayo de 2017 y respaldados por la Asamblea Nacional del Poder Popular el 1 de junio de 2017. La Habana: Tabloides, septiembre, 2017. pp. 2-32. [Consultado 2 febrero 2020] Disponible en: <http://www.granma.cu/file/pdf/gaceta/tabloide%20%20%C3%BAltimo.pdf>.
4. Díaz R, Castro M, Santos A, Vilaragut M. Análisis de la influencia del ángulo de inclinación en la generación de una central fotovoltaica. Revista de Ingeniería Energética, 2018, vol. 39, n. 3, septiembre /diciembre, p. 146-156. [Consultado 25 febrero 2020] Disponible en: <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/article/download/539/pdf>
5. Decreto No 327/2015 de 23 de enero. Reglamento del proceso inversionista. Gaceta Oficial Extraordinaria, número 5, de 23-01-2015. [Consultado 25 febrero 2020] Disponible en: <https://www.gacetaoficial.gob.cu/es/gaceta-oficial-no-5-extraordinaria-de-2015>.
6. Coss R. Análisis y evaluación de proyectos de inversión. Editorial Limusina S.A. 2007.
7. Kasai T. Formulación de un proyecto y análisis de factibilidad. Buenos Aires: Secretaría de ambiente y desarrollo sustentable; 2007. 18 p.
8. Delgado R. Curso Básico sobre el estudio de factibilidad. La Habana. Cuba. 2012. p. 69. ISBN 959-16-0251-3.
9. Lledó P, Rivarola G. Gestión de proyectos. Editorial Pearson educación. 1ª ed. 2007. 501p

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA FACTIBILIDAD DE LOS PARQUES SOLARES FOTOVOLTAICOS

10. Project Management Institute (PMI). A Guide to the Project Management Body of Knowledge. 5ta ed; 2014.
11. Castro Díaz-Balart F, Delgado M. Project Management para la gestión de la innovación en la Industria cubana. Revista Bimestre Cubano. 2000;88(13): 169-202.
12. Bitar SM, Chamas B. Estudio de Factibilidad para la implementación de Sistemas Fotovoltaicos como fuente de energía en el Sector Industrial. Maestría en Administración de empresas Bogotá. Colegio de Estudios Superiores de Administración –CESA- Colombia; 2017. [Consultado 20 mayo 2020] Disponible en: <http://repository.cesa.edu.co/bitstream/handle/10726/1572/MBA00499.pdf?sequence=1>
13. Fiscal R. Metodología de análisis para estudios de factibilidad técnica-económica en sistemas de generación eléctrica costa fuera. Tendencias tecnológicas. Boletín IIE, (Jul-Sep. 2007); p. 92–97. [Consultado 25 mayo 2020] Disponible en: <https://www.ineel.mx/boletin032007/art03.pdf>.
14. Ramírez A, Vidal M, Domínguez R. Etapas del Análisis de Factibilidad. Compendio Bibliográfico. Contribuciones a la Economía, marzo 2009;(3) [Consultado 20 mayo 2020] Disponible en: <http://www.eumed.net/ce/2009a/amr.htm>
15. Trigo M. Cómo analizar proyectos de inversión. Madrid: Ediciones Cinco Días. 1996. p. 1-24.
16. Domínguez A, Rigó J, Beltrán J. Sistema fotovoltaico conectado a la red para alimentar la división territorial COPEXTEL CIENFUEGOS. Anteproyecto y simulación. Revista Centro Azúcar. Octubre-Diciembre, 2019;46(4):39-49. [Consultado 20 mayo 2020] Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v46n4/2223-4861-caz-46-04-39.pdf>.
17. Brealey R, Myers S. Allen F. Principles of corporate finance. Tenth edition. New York: McGraw-Hill; 2011. 969 p.
18. Castro M. El valor actual neto (VAN) como criterio fundamental de evaluación de negocios. Revista Economía y Desarrollo 2001;128(1):180-194 [Consultado 25 mayo 2020] Disponible en: <http://www.econdesarrollo.uh.cu/index.php/RED/article/view/655>
19. Ferreira ME, Alfonso D. Métodos de formación-acción para realizar estudios de factibilidad técnico económica. Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y de inversiones. 2017;IV(2):1-20 [Consultado 23 mayo 2020] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/321732043_Metodos_de_formacion-accion_para_realizar_estudios_de_factibilidad_tecnico_economica_de_inversiones

Conflicto de intereses

Los autores declaran no presentar conflictos de intereses