

Identificación de Riesgos en Instalaciones Fotovoltaicas mediante Toma de Decisión Multicriterio: Caso de Estudio Región de Murcia

(Recibido: 27/04/2016; Aceptado: 01/07/2016)

Guerrero-Liquet, G.C.

Departamento de Electrónica, Tecnología de Computadoras y Proyectos. Universidad Politécnica de Cartagena. Antiguo Cuartel de Antigones. Plaza del Hospital, nº 1, 30202 Cartagena (Murcia)

Teléfono: 657 61 64 15

Email: gcg10@alu.upct.es; guidocgl1@gmail.com

Resumen. En el sector de las energías renovables es necesario determinar el grado de incertidumbre de los riesgos. Hoy día la Región de Murcia evoluciona hacia un sistema energético económica y ambientalmente sostenible. No obstante para favorecer su desarrollo es necesaria la promoción y un fuerte apoyo a la inversión que permita establecer el agua, viento, sol y biomasa como fuentes principales de abastecimiento energético. Nuestro interés es demostrar que aplicando métodos de toma de decisión multicriterio en la gestión de proyectos se pueden identificar los riesgos con probabilidad de ocurrencia que afectan la inversión en cualquier instalación de energía renovable.

Palabras clave: Energías Renovables (EERR); Proceso Analítico Jerárquico (AHP); Instalaciones Solares Fotovoltaicas (ISF); Región de Murcia.

Abstract. In the renewable energy sector it is necessary to determine the degree of uncertainty of risk. Today the Region of Murcia evolves into an economically and environmentally sustainable energy system. However to further promote its development and strong investment support which permits the water, wind, sun and biomass as main sources of energy supply is needed. Our interest is to demonstrate that by applying methods multicriteria decision-making in project management can be identified risks with probability of occurrence affecting any facility investment in renewable energy.

Keywords: Renewable Energy (RES); Analytic Hierarchy Process (AHP); Photovoltaic Systems (PV); Region of Murcia

1. Introducción y Objetivos

Después de muchos años a la vanguardia de las energías renovables tanto en Europa como en todo el mundo, España experimentó una transformación repentina en 2012 en el modelo de desarrollo de las energías renovables en el que se eliminó parte del respaldo del gobierno nacional y los incentivos financieros, lanzando al sector de las Energías Renovables (EERR) a una parálisis que continúa hasta nuestros días.

Todos los subsidios se eliminaron por ley del parlamento (RD 1/2012), provocando una situación de gran incertidumbre con respecto al futuro de las energías renovables en España. La capacidad del país para cumplir con su medio plazo (2020) y el cumplimiento de los objetivos de mitigación del cambio climático a largo plazo (2050), que en el pasado muy reciente parecían asegurados, ahora se pueden ver seriamente puestos en entredicho (P. M. Alonso et al., 2016).

La Región de Murcia tiene un gran potencial en energía solar fotovoltaica, energía eólica, y biogás pero actualmente dada la situación energética de España la comunidad sigue comprando electricidad procedente de derivados de petróleo debido a la alta incertidumbre de la inversión inicial en fuentes renovables. Por todo ello con el objetivo de aumentar la confianza de los inversores es de notable interés

identificar los riesgos que afectan la rentabilidad de estas instalaciones. A modo de ejemplo se propone una instalación solar fotovoltaica (ISF) conectada a la red integrada en la cubierta de un aparcamiento existente en la Universidad de Murcia.

En este trabajo aplicamos a un caso de estudio concreto las herramientas que se usan para identificar los riesgos en el proceso de gestión de riesgos en cualquier tipo de instalación basados en la guía para la Dirección de Proyectos (PMBok, 2012). Estas metodologías permiten extraer el conocimiento de los expertos y saber las causas y efectos que ayudan a tomar la mejor decisión. En el estudio se plantea un modelo que examina los actuales instrumentos de gestión técnica y financiera, efectuando un análisis de toma de decisión multicriterio aplicando el método Proceso Analítico Jerárquico (AHP) en la etapa de evaluación de juicio.

Aplicando estos métodos de decisión cuyo uso está ampliamente extendido en la comunidad científica, se pretende aportar garantías previas a la planificación o al riesgo operativo temprano en instalaciones que contemplen los riesgos no sólo durante las fases de diseño y contratación, sino también durante las fases de desarrollo y explotación del proyecto.

2. Riesgos y Toma de Decisión en las EERR

La dirección de riesgos es un proceso continuo que tiene lugar durante todas las fases de la vida de un proyecto, en él se maneja la incertidumbre relativa a una amenaza, a través de una secuencia de actividades que incluye evaluación, estrategias de desarrollo y mitigación utilizando herramientas para su gestión y administración.

Una vez realizada la planificación de la gestión de riesgos, se deberán identificar aquellos riesgos que pueden afectar positiva o negativamente la rentabilidad del proyecto. La fase de identificación del riesgo consiste en definir los posibles problemas que pueden aparecer a lo largo del proyecto incluyendo la probabilidad de que la instalación sufra daños o pérdidas económicas.

En las instalaciones de energías renovables se pueden distinguir diferentes tipos de trabajos en el ámbito de la gestión de riesgos como por ejemplo: Gestión del riesgo financiero en el sector de las energías renovables: Análisis comparativo entre la Unión Europea y Turquía (Apaka, Atayb & Tuncerca, 2011) y Análisis de riesgos económicos de la energía renovable con infraestructuras descentralizadas (Arnold & Yildiz, 2014).

2.1. Técnicas de la Identificación de Riesgos

El estudio se enfoca en identificar aquellos riesgos que pueden afectar positiva o negativamente a la rentabilidad del proyecto. Para ello se aplicarán herramientas y metodologías que respondan a la necesidad de los diferentes tipos de usuarios implicados en los procesos de toma de decisiones.

Con el objetivo identificar los riesgos se recurrió a un modelo que aplica diferentes técnicas y metodologías, el cual se muestra en la Fig. 1. Antes de aplicar el modelo propuesto es necesario llevar a cabo una exhaustiva revisión de las características técnicas y económicas de la instalación.

El modelo se plantea a partir de las diferentes técnicas que aborda (PMBOK, 2012). Este esquema consiste en aplicar tres etapas que son: recopilación de la información, aplicación de técnicas de diagramación y la evaluación de juicios mediante expertos. Para recopilar la información se combinan dos técnicas altamente conocidas en el ámbito científico que son Delphi y Checklist las cuales sirven para determinar los riesgos logrando consenso entre los expertos.



Fig. 1. Esquema de las Técnicas de Identificación de Riesgos.

La siguiente etapa consiste en realizar un diagrama de pescado que permite identificar las causas principales y secundarias del problema. Después se selecciona el experto que con mayor consistencia respondió la etapa anterior para rellenar un diagrama de las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO).

2.2. Técnicas de Evaluación de Juicio

Finalmente para identificar los riesgos directamente y obtener un coeficiente de importancia se deberá realizar la evaluación de juicios con técnicas de toma de decisión multicriterio, el método que se propone aplicar es el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) (Saaty, 2000) por su sencillez y robustez a la hora de resolver un problema planteado.

El método AHP propone una manera de ordenar el pensamiento analítico, del cual se destacan tres principios básicos: el principio de la construcción de jerarquías, el principio de establecimiento de prioridades y el principio de la consistencia lógica.

Para obtener la valoración y el establecimiento de las prioridades entre criterios (C), es preciso conocer previamente las preferencias del decisor a través de la construcción de las matrices pareadas, determinadas por las $n(n-1)/2$ comparaciones necesarias. En nuestro caso de estudio el objetivo será obtener un vector de pesos que determinará la importancia relativa que se otorga de a cada criterio.

3. Instalación Fotovoltaica de Murcia

El caso de estudio que modelamos es un aparcamiento conectado a la red de 222kWp integrado, el cual se puede considerar como una instalación fotovoltaica a gran escala. Esta instalación fotovoltaica con película delgada de telurio de cadmio fue construida a finales de 2008 y, finalmente, instalada en mayo 2009 en la Universidad de Murcia.



Fig. 2. Aparcamiento 222 Kwp Universidad de Murcia.

Los módulos de esta instalación se dividen en 10 grupos y 30 subgrupos, por lo tanto tenemos un total de 30 inversores. Se puede considerar como un sistema de integración arquitectónica BIPV porque los módulos fotovoltaicos son sin marco y se integran en la estructura de estacionamiento. Toda la electricidad generada se alimenta a la red, y se beneficia de la tarifa de alimentación española. La latitud y longitud de la ubicación del sistema son, respectivamente, 38°01'12"N y 1°09'56"W. El promedio anual de la irradiación diaria es 5320 Wh/m2 (Serrano-Luján et al., 2015).

4. Análisis de la Información de los Expertos

A los expertos se les entrega un cuadro detallado de todas las características técnicas, físicas y económicas que tiene esta planta solar como base documentaria para llevar a cabo la extracción del conocimiento de los expertos que se encargarán de identificar los riesgos.

Se recurrió a un grupo de cinco expertos. A partir de la información recopilada del proyecto los expertos se encargaron de identificar y comparar los riesgos con la finalidad de obtener una mayor consistencia en los resultados. Para que los expertos descubrieran los riesgos del proyecto con mayor facilidad después de revisar la documentación se les proporciono un cuestionario que consto de dos fases.

Se realizó un primer cuestionario con preguntas abiertas mediante la técnica Delphi. Se obtuvieron una serie de riesgos y con estas respuestas iniciales se ha elaborado un segundo cuestionario combinando la técnica Delphi con la técnica Checklist. En la Fig. 3 se muestra el cuestionario que han respondido los expertos. El primer cuestionario (preguntas 1 y 2 de la técnica Delphi) permitió identificar los riesgos que afectaban a las instalaciones solares según el grupo de expertos. El segundo cuestionario (pregunta 3 de la técnica Delphi y preguntas 4 y 5 de la técnica Checklist) permitió establecer una relación entre los riesgos marcados con Checklist y la lista de los

problemas identificados, reflejando de este modo el consenso alcanzado por los expertos.

DELPHI	CHECKLIST
1. ¿Cuáles son los problemas técnicos que podrían afectar la rentabilidad de la instalación? 2. ¿Cuáles son los problemas financieros que podrían afectar la rentabilidad de la instalación? 3. Tomando en cuenta información histórica en este tipo de instalación y el conocimiento de proyectos similares. ¿Elabore una lista de estos problemas en orden de prioridad?	4. Marque con una X cuales de estos riesgos técnicos, en caso de ocurrir, podrían afectar la rentabilidad de la instalación. <input type="checkbox"/> Degradación y Suciedad de Paneles <input type="checkbox"/> Pérdidas por Sombras <input type="checkbox"/> Derrumbe por Fenómenos Atmosféricos <input type="checkbox"/> Falta de Suministro y Reemplazos 5. Marque con una X cuales de estos riesgos financieros, en caso de ocurrir, podrían afectar la rentabilidad de la instalación. <input type="checkbox"/> Cambios en el Marco Jurídico <input type="checkbox"/> Costes del Mantenimiento <input type="checkbox"/> Variabilidad del VAN <input type="checkbox"/> Falta de Financiamiento <input type="checkbox"/> Alto Pay Back

Fig. 3. Cuestionario Método Delphi y Checklist.

Este procedimiento es sencillo y permite seleccionar al experto que continúa la evaluación de las siguientes etapas. Los riesgos identificados se observan en la tabla 1.

Tabla 3. Informe de la Selección de los Riesgos.

Riesgos Identificados
R1: Alto Pay Back
R2: Perdidas por Sombras
R3: Costos de Mantenimiento
R4: Daños por Fenómenos Naturales
R5: Variabilidad del VAN
R6: Falta de Mantenimiento
R7: Cambios en el marco legislativo
R8: Falta de Reemplazos y Suministros
R9: Falta de Financiación

Los riesgos R2, R4, R6 y R8 se clasifican en la categoría de riesgos técnicos mientras que los riesgos R1, R3, R5, R7, R9 estarían situados en la categoría de riesgos financieros.

5. Resultados Obtenidos

A partir de la construcción del diagrama de causa y efecto se obtienen los resultados de las siguientes etapas. Éste sirve de orientación para las acciones correctoras que se realizaron. Las causas principales son los problemas técnicos y financieros de las instalaciones. Las causas secundarias seleccionadas corresponden a los riesgos identificados por los expertos.

Posteriormente se construye el diagrama DAFO que permite detectar aspectos tales como las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades de la instalación para aumentar el reflejo de los riesgos identificados. Este diagrama se muestra en la Fig. 4. El experto más consistente fue el seleccionado para elaborar el análisis a partir de la fase de encuestas en la etapa de la recopilación de la información.

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Recurso solar abundante en la zona • Reducción de gastos energéticos • Sistema de generación energética con larga vida 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo Inicial alto • Impacto visual en el entorno • Ocupación del terreno inmodificable durante 30 años
Oportunidades	Amenazas (Riesgos)
<ul style="list-style-type: none"> • Proyectos beneficiosos al medio ambiente • Mejoras en la imagen empresarial • Ahorro en el consumo eléctrico • Beneficio económico a largo plazo 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios en el Marco Legislativo • Daños por Fenómenos Atmosféricos • Falta de Financiación • Falta de Suministro y Reemplazos • Falta de Mantenimiento • Perdidas por Sombras • Alto Pay Back • Variabilidad del VAN • Costos del Mantenimiento

Fig. 4. Diagrama DAFO de la ISF.

4.1. Resultados de la Evaluación de Juicio

Para aplicar la metodología AHP descrita con anterioridad al problema de decisión planteado se elaborará un cuestionario que, a partir de los documentos del proyecto y la aplicación de las técnicas anteriores, permitirá identificar y obtener el coeficiente de importancia de los riesgos.

El cuestionario proporciona una serie de resultados que son modelados en una hoja de cálculo midiendo la consistencia del experto para obtener la importancia de los riesgos. Dicho cuestionario describe el problema de forma sintetizada utilizando la escala de preferencia de (Saaty, 2000).

Tras aplicar la metodología AHP se obtuvo el peso o coeficiente de importancia de los riesgos que se muestran en la Tabla 2:

Tabla 2. Resultados del Coeficiente de Importancia de los Riesgos de la Instalación Solar Fotovoltaica.

Riesgos Técnicos	Pesos
R2: Perdidas por Sombras	0,267
R4: Daños por Fenómenos Naturales	0,073
R6: Falta de Mantenimiento	0,571
R8: Falta de Reemplazos y Suministros	0,090
Riesgos Financieros	Pesos
R1: Alto Pay Back	0,078
R3: Costos de Mantenimiento	0,034
R5: Variabilidad del VAN	0,185
R7: Cambios en el marco legislativo	0,600
R9: Falta de Financiación	0,103

En esta instalación el riesgo técnico más importantes es R6 (falta de mantenimiento) y el riesgo financiero más importante es R7 (cambios en el marco legislativo).

6. Conclusiones

A través del proceso AHP se han identificado los dos riesgos principales que más pueden afectar a la rentabilidad del proyecto. Concretamente se trata de un criterio perteneciente a la categoría de riesgos técnicos (falta de mantenimiento) y otro de tipo financiero (cambios en el marco legislativo).

Cumpliendo con los objetivos del estudio de combinar diferentes metodologías para identificar los problemas que afectan la rentabilidad en una instalación destinada a las energías renovables en la Región de Murcia obtenemos un modelo para identificar riesgos técnicos y financieros.

Al aplicar este proceso a un caso real es posible controlar y mitigar posibles ocurrencias, los resultados obtenidos validan su utilidad a la hora de identificar riesgos y jerarquizarlos. La siguiente etapa debería ser establecer la prioridad con la que deben ser atendidos estos riesgos para aportar garantías previas a la inversión. Posibles estudios futuros se podrían plantear aplicando procesos de gestión de riesgos como son análisis cualitativo y cuantitativo.

Agradecimientos

Este trabajo es apoyado en parte por el proyecto 19882/GERM/15 programa SENECA 2004, además de una beca de doctorado del Ministerio de Educación Superior de la República Dominicana (MESCyT) con el número de contrato 1065-2015.

Referencias

- [1] Alonso, P. M., Hewitt, R., Pacheco, J. D., Bermejo, L. R., Jiménez, V. H., Guillén, J. V. de Boer, C. (2016). "Losing the roadmap: Renewable energy paralysis in Spain and its implications for the EU low carbon economy". *Renewable Energy*, 89, 680-694.
- [2] PMBoK (2012). Project Management Institute. "Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía PMBOK)". 5a ed. Pennsylvania USA.
- [3] Saaty, TL. (2000). "Fundamentals of Decision Making and priority theory with the Analytic hierarchy Process". Pittsburgh: RWS Publications.
- [4] Serrano-Luján, L., García-Valverde, R., Espinosa, N., García-Cascales, M. S., Sánchez-Lozano, J. M., & Urbina, A. (2015). "Environmental benefits of parking-integrated photovoltaics: a 222 kWp experience". *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 23(2), 253-264.