UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

TESIS DOCTORAL

Energías Renovables y Eficiencia Energética

*OPTIMIZACIÓN Y GESTIÓN EN INSTALACIONES
FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED MEDIANTE
TOMA DE DECISIÓN MULTI-CRITERIO*

Autor:

Guido C. Guerrero Liquez

Directores:

Dra. M^a Socorro García Cascales

Dr. Juan Miguel Sánchez Lozano

2019

**CONFORMIDAD DE SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE DEPÓSITO DE
TESIS DOCTORAL POR EL/LA DIRECTOR/A DE LA TESIS**

D^a. M. Socorro García Cascales y D. Juan Miguel Sánchez Lozano, Directora y Codirector respectivamente de la Tesis doctoral Optimización y Gestión en Instalaciones Fotovoltaicas conectadas a red mediante Toma de Decisión Multi-Criterio

INFORMA:

Que la referida Tesis Doctoral, ha sido realizada por D/D^a. Guido Camilo Guerrero Liquez, dentro del Programa de Doctorado Energías Renovables y Eficiencia Energética, dando mi conformidad para que sea presentada ante el Comité de Dirección de la Escuela Internacional de Doctorado para ser autorizado su depósito.

☒ Informe positivo sobre el plan de investigación y documento de actividades del doctorando/a emitido por el Director/ Tutor (**RAPI**).

La rama de conocimiento en la que esta tesis ha sido desarrollada es:

- ☐ Ciencias
- ☐ Ciencias Sociales y Jurídicas
- ☒ Ingeniería y Arquitectura

En Cartagena, a 11 de Octubre de 2019

LA DIRECTORA DE LA TESIS

GARCIA
CASCALES
MARIA
SOCORRO -
34814928N

EI CODIRECTOR DE LA TESIS

SANCHEZ
LOZANO JUAN
MIGUEL -
23015429L

Fdo.: M. Socorro García Cascales

Juan Miguel Sánchez Lozano

COMITÉ DE DIRECCIÓN ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

CONFORMIDAD DE DEPÓSITO DE TESIS DOCTORAL
POR LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL PROGRAMA

D/D^a. Ángel Molina García, Presidente/a de la Comisión Académica del Programa Energías Renovables y Eficiencia Energética.

INFORMA:

Que la Tesis Doctoral titulada, "Optimización y Gestión en Instalaciones Fotovoltaicas conectadas a red mediante Toma de Decisión Multi-Criterio", ha sido realizada, dentro del mencionado Programa de Doctorado, por D/D^a. Guido Camilo Guerrero Liquez, bajo la dirección y supervisión del Dr./ Dra. M. Socorro García Cascales.

En reunión de la Comisión Académica, visto que en la misma se acreditan los indicios de calidad correspondientes y la autorización del Director/a de la misma, se acordó dar la conformidad, con la finalidad de que sea autorizado su depósito por el Comité de Dirección de la Escuela Internacional de Doctorado.

- ☒ Evaluación positiva del plan de investigación y documento de actividades por el Presidente de la Comisión Académica del programa (**RAPI**).

La Rama de conocimiento por la que esta tesis ha sido desarrollada es:

- ☐ Ciencias
☐ Ciencias Sociales y Jurídicas
☒ Ingeniería y Arquitectura

En Cartagena, a 11 de Octubre de 2019

EL PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA

ANGEL|
MOLINA|
GARCIA

Fdo: Ángel Molina García

COMITÉ DE DIRECCIÓN ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

Nadie diga que el cambio no fue bueno. Se ha de conocer las fuerzas del mundo para ponerlas a trabajar, y hacer que la electricidad que mata en un rayo, alumbre en la luz.”

José Martí

Abstract

Optimization and management in photovoltaic installations connected to the network through multi-criteria decision making

With the increasing penetration of wind and photovoltaic energy and other renewable technologies in the generation of energy, distributed generation has become a topic of great current research. Increasingly, they require higher levels of optimization, for which robust tools and methods are needed to assess the capacity and needs of the generation system in order to produce the best management strategy in renewable energy projects.

Currently, industrialized countries generate most of their electricity in large centralized facilities, through fossil fuels (mainly coal, oil and gas), nuclear energy, hydroelectric plants and large solar or wind power plants. However, risk management and the correct sizing of renewable generation connected to the network is today a reason for research, given the importance they have in renewable energy projects. For those who are part of the decision-making processes, there are a lot of challenges to face in this line since there are many objectives and restrictions that are necessary factors to obtain the best results in the optimization of projects.

Establishing the optimal size and profitability of photovoltaic installations is a great challenge for distribution system planners, as well as for researchers in the renewable energy sector. Island countries such as the Dominican Republic are trying to implement public finances to deal with the capital intensity of renewable energy projects with high levels of technological risk.

The sector needs not only investors who promote the implementation and development of energy companies in emerging markets, but also perform management tasks with high efficiency. This interest leads us to show investors the tools and new methodologies to be used in the management and optimization of projects with the objective of generating confidence in the sector through the mitigation of real risks in renewable energy installations projects such as photovoltaic solar plants.

Therefore, this research focuses on determining the optimal size of photovoltaic installations from a distribution system with the least environmental impact at the lowest possible cost through decision-making methods and tools applied to project management and optimization.

Obtaining as a result of the research that small photovoltaic modules provide the ideal solution, since this format maximizes the socio-economic benefits of any photovoltaic installation. Given a certain size, small and easily scalable facilities are the best solution for stakeholders, residents and the environment.

Likewise, it is intended to examine the current instruments of technical and financial management, identifying the risks with the highest probability of occurrence and the implications related to investments in the viability and profitability of renewable energy projects. With this objective, the improvement of risk management in grid-connected photovoltaic installations in Spain (Region of Murcia) and in the Dominican Republic (Santo Domingo) is presented as case studies.

Our greatest contribution in this part of the Doctoral Thesis is the introduction of multi-criterion decision methods in the evaluation stage of experts in the risk management process in order to improve profitability and viability in the process of optimization of photovoltaic installations connected to the network. Providing solutions to the problems that affect the profitability of a photovoltaic plant and obtaining a base model to manage the technical and financial risks of the project. Including the socio-economic and environmental impact generated by these technical and financial problems in the profitability of photovoltaic installations in order to gain confidence in investments in these types of projects.

Finally, we verify that by applying these multi-criteria decision methods whose use is widely used throughout the world, two problems that affect photovoltaic installations throughout the project's life cycle (planning, design, construction, commissioning, etc., are solved. .) which are the optimal scale and risk reduction that make the profitability of photovoltaic solar plants impossible.

Resumen

Con la creciente penetración de la energía eólica y fotovoltaica y otras tecnologías renovables en la generación de energía, la generación distribuida se ha convertido en un tema de gran actualidad en investigación. Cada vez más se requieren mayores niveles de optimización para lo que se necesitan herramientas robustas y métodos que permitan evaluar la capacidad y las necesidades del sistema de generación con el fin de producir la mejor estrategia de gestión en los proyectos de energías renovables.

Actualmente, los países industrializados generan la mayor parte de su electricidad en grandes instalaciones centralizadas, mediante combustibles fósiles (principalmente carbón, petróleo y gas), energía nuclear, centrales hidroeléctricas y las grandes plantas de energías solar o eólica. Sin embargo, la gestión de riesgos y el correcto dimensionamiento de la generación renovable conectada a la red es hoy día motivo de investigación, dada la importancia que tienen en los proyectos de energías renovables. Para quienes forman parte en los procesos de toma de decisiones, hay una gran cantidad de retos a afrontar en esta línea ya que existen muchos objetivos y restricciones que son factores necesarios para obtener los mejores resultados en la optimización de los proyectos.

Establecer el tamaño óptimo y la rentabilidad de las instalaciones fotovoltaicas es un gran desafío para los planificadores de sistemas de distribución, así como para los investigadores del sector de las energías renovables. Países insulares como por ejemplo la República Dominicana están tratando de implementar las finanzas públicas para hacer frente a la intensidad de capital de proyectos de energías renovables con altos niveles de riesgo tecnológicos.

El sector necesita no sólo inversores que fomenten la implantación y desarrollo de empresas de índole energético en mercados emergentes, sino también que desempeñen labores de gestión con elevada eficiencia. Este interés nos conduce a mostrar a los inversores las herramientas y nuevas metodologías a utilizar en la gestión y optimización de proyectos con el objetivo de generar confianza en el sector a través de la mitigación de los riesgos reales en proyectos de instalaciones de energías renovables como son las plantas solares fotovoltaicas.

Por ello, esta investigación se centra en determinar el tamaño óptimo de las instalaciones fotovoltaicas a partir de un sistema de distribución con el menor impacto ambiental al menor coste posible mediante métodos y herramientas de toma de decisión aplicado a la gestión y optimización de proyectos.

Obteniendo como resultado de la investigación que los módulos fotovoltaicos de menores dimensiones proporcionan la solución ideal, ya que este formato maximiza los beneficios socioeconómicos de cualquier instalación. Dado un cierto tamaño, las instalaciones pequeñas y fácilmente escalables son la mejor solución para las partes interesadas, los habitantes y el entorno.

Asimismo, se pretende examinar los actuales instrumentos de gestión técnica y financiera, identificando los riesgos con mayor probabilidad de ocurrencia y las implicaciones relacionadas con las inversiones en la viabilidad y rentabilidad de los proyectos de energías renovables. Con este objetivo, se presentan como casos de estudio la mejora de la gestión de riesgos en instalaciones fotovoltaicas conectadas a red tanto en España (Región de Murcia) como en la República Dominicana (Santo Domingo).

Nuestro mayor aporte en esta parte de la Tesis Doctoral es la introducción de los métodos de decisión multi-criterio en la etapa de evaluación de juicio de expertos dentro del proceso de gestión de riesgos con el propósito de mejorar la rentabilidad y la viabilidad en el proceso de optimización de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red. Aportando soluciones a los problemas que afectan a la rentabilidad de una planta fotovoltaica y obteniendo un modelo base para gestionar los riesgos técnicos y financieros del proyecto. Incluyendo el impacto socioeconómico y medioambiental que generan estos problemas técnicos y financieros en la rentabilidad de las instalaciones fotovoltaicas para así lograr confianza en las inversiones en estos tipos de proyectos.

Finalmente comprobamos que aplicando estos métodos de decisión multi-criterio cuyo uso está ampliamente extendido en la actualidad, se solucionan dos problemáticas que afectan a las instalaciones fotovoltaicas a lo largo del ciclo de vida del proyecto (planificación, diseño, construcción, puesta en marcha etc.) que son la escala óptima y reducción de riesgos que imposibilitan la rentabilidad de las plantas solares fotovoltaicas.

Agradecimientos

Al universo que es el centro existencial que nos permite sobrevivir, a quienes me han ayudado en el desarrollo de esta Tesis Doctoral, proyecto en el que me he embarcado estos últimos cinco años para aportar un granito de arena al avance de mi país y del sector de las energías renovables.

Agradezco infinitamente a mi maestra, Socorro García Cascales, mi directora, quien me ha guiado pacientemente e incondicionalmente, este trabajo se ha concebido gracias a ella, gracias por tus consejos y la amistad. A Juan Miguel Sánchez Lozano, co-director de esta Tesis Doctoral quien ha contribuido enormemente al desarrollo de esta investigación, gracias por aportarnos tus ideas.

Deseo expresar mi agradecimiento a Esther Cervantes por el amor y el apoyo que me ha dado sobretodo en la recta final de este proyecto. Has hecho que el andar durante estos años sea una realidad. A mi hija Paula que ha nacido y crecido a lo largo de este camino, gracias por tus sonrisas, eres la fuerza que alumbra mis sentidos.

A mi madre que a pesar de la distancia siempre la he sentido cerca, motivándome y bridándome su cariño. A mis hermanos por aceptarme como soy y respetarme, en fin, a toda la familia, la de aquí (España) y la de allá (República Dominicana), que me ha dado el calor necesario para reunir fuerzas y seguir adelante.

Gracias a la UPCT, en especial Antonio Urbina, por la oportunidad que me ha dado de colaborar y aprender de sus proyectos. A mis compañeros doctorandos Carlos, Rodo, Vero y Álvaro, mis compañeros de viaje, seguimos batallando hasta la victoria.

Agradecer a mis amigos ingenieros de la facultad por aportar conocimiento y entusiasmo a mi alrededor. En especial dar gracias a mi amigo Frisso, quien fue el motor motivador de esta idea, gracias a ti me introduje al mundo de la investigación.

A mis ex compañeros de trabajo en Republica Dominicana, Cesar, Jorge, Jhonatan, Junior, Ronel y Alejandro por el soporte incondicional que han bridado. También gracias a mis compañeros dominicanos con los cuales he compartido en Cartagena: Wilfredo, Nicolás, Juan Gabriel, Francisco, Franklin por haberme orientado y ayudado en esta linda aventura.

Finalmente, agradecer al Ministerio de Educación Superior, Ciencias y Tecnología de la República Dominicana, a través del Programa de Becas Internacionales. Su aportación fue imprescindible para hacer posible esta investigación.

Índice General

<i>Abstract</i>	3
<i>Resumen</i>	5
<i>Agradecimientos</i>	7
Índice de Figuras	11
Índice de Tablas	13
Abreviaturas y Nomenclaturas.....	14
1. INTRODUCCIÓN	15
1.1 Contexto y alcance de la investigación	16
1.2 Objetivos de la investigación.....	21
1.3 Estructura de la Tesis.....	22
2. ESTADO DEL ARTE	26
2.1 Estado global de las Energías Renovables (EERR)	27
2.1.1 Situación actual de la energía fotovoltaica	31
2.1.2 Instalaciones solares fotovoltaicas (ISF) conectadas a la red.....	33
2.2 Proyectos de Energías Renovables EERR.....	36
2.2.1 Optimización y Gestión de ISF	43
2.2.1.1 Modelo de optimización y gestión aplicado en la Tesis Doctoral	47
2.3 Limitaciones y dificultades de la optimización del tamaño y la gestión de riesgos en ISF	49
2.3.1 Optimización del Tamaño de las ISF	50
2.3.2 Gestión de Riesgos en las ISF.....	52
3. METODOLOGÍA.....	54
3.1 Decisión multi-criterio en instalaciones fotovoltaicas.....	55
3.2 Proceso Analítico Jerárquico (AHP).....	57
3.3 Proceso Analítico en Red (ANP)	62
3.4 Método TOPSIS.....	65
3.5 Método híbrido ANP-TOPSIS	68
4. OPTIMIZACIÓN DEL TAMAÑO DE ISF CONECTADA A RED.....	75
4.1 Sistemas de generación distribuida	76

4.1.1	Energía distribuida solar fotovoltaica	80
4.1.1.1	Clasificación del Tamaño de la Energía Distribuida Solar Fotovoltaica.....	81
4.1.2	Tamaño de las ISF distribuidas	84
4.2	Evaluación del tamaño óptimo de las ISF distribuidas	86
4.2.1	Factores del tamaño óptimo de las ISF distribuidas.....	87
4.2.1	Sub-criterios del tamaño óptimo de las ISF distribuidas.....	99
4.3	Resultado del tamaño óptimo de las ISF distribuidas	102
4.3.1	Resultados en sistemas de pequeña y mediana escala	102
4.3.2	Resultados en sistemas de gran escala.....	104
4.3.3	Análisis comparativo	107
4.3.4	Análisis de sensibilidad	107
4.3.5	Discusión y análisis de los resultados.....	111
5.	GESTIÓN DE RIESGOS EN ISF CONECTADAS A RED	113
5.1	Gestión de riesgos en proyectos	114
5.1.1	Gestión de riesgos en energías renovables.....	118
5.2	Identificación de riesgos en ISF conectadas a red	121
5.2.1	Técnicas de recopilación de la información	122
5.2.2	Técnicas de diagramación	123
5.2.3	Dos casos de estudio: Comparativa entre España y República Dominicana.....	125
5.2.3.1	ISF conectadas en República Dominicana	126
5.2.3.2	ISF conectadas en España.....	128
5.2.4	Análisis y resultados de la identificación de los riesgos	130
5.2.4.1	Recopilación de la Información de los Expertos.....	131
5.2.4.2	Análisis de Supuestos.....	133
5.2.4.3	Aplicación y Resultados de las Técnicas de Diagramación.....	134
5.2.4.4	Resultados de la Evaluación de Juicios con AHP.....	136
5.2.5	Análisis de sensibilidad con Expert Choice	137
5.3	Análisis Cualitativos de Riesgos en ISF Conectadas a red	140
5.3.1	Matriz de probabilidad e impacto de los riesgos	141
5.3.1.1	Evaluación de probabilidad e impacto de los riesgos.....	142
5.3.2	Evaluación de urgencia y juicios de expertos.....	145
5.4	Análisis Cuantitativo de Riesgos en ISF Conectadas a red	149
5.4.1	Modelo de análisis cuantitativo propuesto	150

5.4.2	Aplicación del modelo propuesto al caso de estudio.....	151
5.4.2.1	Evaluación del peso y la Interdependencia de los Riesgos con ANP	151
5.4.2.2	Evaluación de las alternativas usando TOPSIS.....	154
5.4.3	Análisis y discusión de los resultados	156
6.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	158
6.1	Aportaciones metodológicas.....	163
6.2	Trabajos Futuros.....	164
7.	PUBLICACIONES	166
8.	BIBLIOGRAFÍA	168
9.	ANEXOS.....	187
9.1	Cuestionarios de la Investigación	188
9.2	Tablas de Cálculos	271
9.3	Información Suplementaria.....	336

Índice de Figuras

Figura 1.1 Capacidad acumulada de potencia instalada (en GW) de energía renovable en el periodo 2017-2018,	17
Figura 1.2 Oferta de proyectos de energía solar fotovoltaica y eólica a nivel mundial en MW 2017-2018,.....	18
Figura 1.3 Esquema de desarrollo de la presente Tesis Doctoral,.....	23
Figura 2.1. Participación estimada de energía renovable en la producción mundial de electricidad, finales de 2017,.....	29
Figura 2.2 Esquema de una instalación fotovoltaica conectada a la red,.....	33
Figura 2.3 Objetivos y procesos de la Gestión de Proyectos,.....	37
Figura 2.4 Ciclo de vida del Proyecto,.....	44
Figura 2.5 Proceso de evaluación del proyecto,.....	45
Figura 2.6 Modelo de gestión y optimización de viabilidad propuesto,.....	48
Figura 3.1: Modelo jerárquico del planteamiento de AHP,.....	58
Figura 3.2: Alternativa ideal vs alternativa no ideal,	66
Figura 3.3: Representación esquemática de las fases de la metodología combinada ANP-TOPSIS,	70
Figura 3.4: Los diez pasos para implementar la metodología combinada ANP-TOPSIS,	71
Figura 4.1: Definición grafica del Sistema de Generación Distribuida,.....	77
Figura 4.2: Adiciones globales de energía solar fotovoltaica, Acciones de instalaciones conectadas a la red y fuera de la red, 2006-2016,.....	81
Figura 4.3: Esquema de Instalaciones de cubiertas solar hasta el consumidor,	84
Figura 4.4: Esquema de Instalaciones desde huerto solar hasta el consumidor,	84
Figura 4.5: Factores utilizados en el sistema de generación distribuido fotovoltaico,	88
Figura 4.6: La interrelación entre los criterios para el caso de las pequeñas y medianas a) y las grandes instalaciones b) según sus siglas en ingles,.....	99
Figura 4.7: Resultados del tamaño en sistemas fotovoltaicos de pequeña y mediana distribución,.....	104
Figura 4.8: Resultados del tamaño en sistemas fotovoltaicos distribuidos a gran escala,	106
Figura 4.9: Promedio de 1000 realizaciones de variación porcentual de los sub-criterios individuales junto con errores aleatorios en todos los demás sub-criterios de tamaño igual o menor que la variación porcentual en los sub-criterios considerados. Cada punto muestra el porcentaje en el que su solución ideal cambia para el caso de los sistemas fotovoltaicos distribuidos de pequeña y mediana escala (a) y gran escala (b),.....	109

Figura 4.10: Variación porcentual de las ponderaciones de los sub-criterios individuales en las que la solución ideal cambia para el caso de sistemas fotovoltaicos distribuidos de pequeña y mediana escala (a) y gran escala (b),	110
Figura 5.1: Proceso de gestión de riesgo continua,	114
Figura 5.2: Diagrama funcional de las técnicas de identificación de riesgos,.....	122
Figura 5.3: Construcción de un diagrama de Ishikawa o espina de pescado,	124
Figura 5.4: Mapas solares de República Dominicana y España,	126
Figura 5.5: Definición de sostenibilidad para la financiación en RD,	127
Figura 5.6: Recopilación de datos de ISF de Santo Domingo, RD,	128
Figura 5.7: Aparcamiento de 222 Kwp Universidad de Murcia,.....	129
Figura 5.8: Recopilación de datos de ISF de Murcia, España,	129
Figura 5.9: Estructura del desglose del riesgo,.....	130
Figura 5.10: Cuestionario con las técnicas Delphi y Checklist,	131
Figura 5.11: Diagrama de causa y efecto o diagrama de pescado,.....	134
Figura 5.12: Análisis DAFO por caso de estudio basado en la opinión del experto consistente,.....	135
Figura 5.13: Síntesis del cuestionario AHP con la escala de preferencia de Saaty,	136
Figura 5.14: Resultados del modelo dinámico del análisis de sensibilidad de los riesgos, la importancia de los criterios técnicos del 50%, la importancia de los criterios financieros del 50%,.....	138
Figura 5.15: Análisis de sensibilidad importancia del criterio técnico 70%, importancia del criterio financiero 30%,.....	139
Figura 5.16: Modelo de análisis cualitativo de riesgos propuesto,.....	141
Figura 5.17: Matriz de probabilidad e impacto,.....	141
Figura 5.18: Resultados de la probabilidad e impacto de los riesgos,.....	144
Figura 5.19: Estructura modélica de AHP según la vulnerabilidad,.....	146
Figura 5.20: Resultado gráfico de la prioridad de atención de los riesgos según AHP,	148
Figura 5.21: Esquema del análisis cuantitativo propuesto,.....	150
Figura 5.22: Diagrama de jerarquías con ANP,.....	152
Figura 5.23: Resultado porcentual del ranking de las alternativas,.....	157

Índice de Tablas

Tabla 2.1: Evolución del Mercado de Energías Renovables 2004-2015.	28
Tabla 2.2: Visión general de las ofertas de energía renovable identificadas en 2017-2018.	39
Tabla 3.1: La escala de preferencias de Saaty en el proceso de comparación por pares.	59
Tabla 3.2: Índice aleatorio para diferentes órdenes matriciales.....	60
Tabla 3.3: Terminología de ANP	63
Tabla 3.4: Publicaciones enfocadas en ANP-TOPSIS.....	69
Tabla 4.1: Clasificación de la generación distribuida.....	83
Tabla 4.2: Publicaciones que se enfocan en el tamaño óptimo de los sistemas con generación distribuida.....	85
Tabla 4.3: Parámetros que determinan el tamaño pequeño y mediano de un sistema fotovoltaico de generación distribuida, por sus siglas en ingles.....	100
Tabla 4.4: Parámetros que determinan el tamaño a gran escala de un sistema fotovoltaico de generación distribuida, según sus siglas en ingles.....	101
Tabla 4.5: Resultado del peso de los sub-criterios de los sistemas fotovoltaicos distribuidos de pequeño y mediano tamaño.....	102
Tabla 4.6: Resultado del peso de los sub-criterios de los sistemas fotovoltaicos distribuidos a gran escala.....	105
Tabla 4.7: Ranking de alternativas según la organización de los expertos	107
Tabla 5.1: Revisión de artículos de gestión de riesgos en energías renovables.....	120
Tabla 5.2: Orden de prioridad de los riesgos con Delphi y Checklist.	133
Tabla 5.3: Clasificación de los riesgos según la naturaleza del supuesto.....	134
Tabla 5.4: Coeficiente de importancia de los riesgos en cada caso de estudio.	137
Tabla 5.5: Matriz de probabilidad e impacto en ISF conectadas a la red.....	143
Tabla 5.6: Calculo de la probabilidad e impacto de los riesgos.....	144
Tabla 5.7: Listado del nivel de vulnerabilidad de los riesgos.	145
Tabla 5.8: Prioridad de atención de los riesgos.	147
Tabla 5.9: Resultados de los pesos de los riesgos con ANP para cada experto.....	153
Tabla 5.10: Procedimiento de obtención del ranking de las alternativas experto 1.	155
Tabla 5.11: Resultado del ranking de las alternativas.....	156

Abreviaturas y Nomenclaturas

AHP Proceso Analítico Jerárquico	ISF Instalaciones Solares Fotovoltaicas
ANP Proceso Analítico en Red	ISO Organización Internacional de Estandarización
BHD Banco Hipotecario Dominicano	LCOE Coste Nivelado de Electricidad
CdTE Célula de Teluro de Cadmio	KWp Kilovatio pico
CIGRE Consejo Internacional de Grandes Sistemas Eléctricos	MDMC Métodos de Decisión Multi-Criterio
CI Índice de Consistencia	MWp Megavatio pico
CO₂ Dióxido de Carbono	PAY BACK Plazo de Recuperación
CR Ratio de Consistencia	PMBOK Project Management Body of Knowledge
DAFO Diagrama Debilidad, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades	PROMETHE Método de Organización de Clasificación de Preferencias
DEMATEL Laboratorio de Pruebas y Evaluación de Toma de Decisiones	RI Índice de Consistencia Aleatorio
EERR Energías Renovables	RD República Dominicana
ELECTRE Eliminación y Elección Expresando Realidad	RD' Real Decreto
FV Energía Fotovoltaica	TIR Tasa Interna de Retorno
FEED-IN Tarifa de Alimentación	TOPSIS Técnica para el Orden de Preferencia por Similitud
GEI Gas de Efecto Invernadero	USD Moneda Estadounidense (Dólar)
SIG Sistema de Información Geográfica	UPCT Universidad Politécnica de Cartagena
GNL Gas Natural Licuado	VAN Valor Actual Neto
GW Giga Vatio	VICTOR Optimización de Criterios Múltiples y Solución de Compromiso
ICEX España Exportación e Inversiones	Wp Vatio Pico
I+D Investigación y Desarrollo	w_c Pesos de los Sub-Criterios
IFC Corporación Financiero Internacional	W/m² Irradiancia

Capítulo 1

1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se expondrá el alcance, objetivos y la estructura de esta Tesis Doctoral. Para ello, se comenzará abordando la problemática de la electricidad y la planificación de proyectos a nivel mundial, centrándonos en el ámbito de los proyectos de energías renovables en general y de instalaciones solares fotovoltaicas en particular.

Una vez definido el alcance y contexto de la investigación, se describirán los distintos objetivos y el procedimiento que se establece para llevarse a cabo en el desarrollo de la tesis. En el término de este capítulo se presenta finalmente el esquema de contenido que tiene la Tesis Doctoral y su desarrollo estructural.

1.1	Contexto y alcance de la investigación.....	16
1.2	Objetivos de la investigación	21
1.3	Estructura de la Tesis.	22

1.1 Contexto y alcance de la investigación

A nivel mundial, el sector de la electricidad sigue dependiendo en gran medida de los combustibles fósiles, que inclusive están altamente subsidiados en muchos países. El esfuerzo político centrado en los sectores de energías limpias está siendo insuficiente en comparación con el sector eléctrico convencional y, aunque medidas tales como el impulso hacia una cultura generalizada en el uso eficiente de la energía podrían mitigar esta fuerte dependencia, a día de hoy, este tipo de soluciones apenas se están fomentando (REN21, 2017).

De igual modo, la inexistencia de marcos regulatorios estables, que generen confianza y condiciones favorables a los inversores (REN21, 2019), está provocando que la demanda de energía a nivel mundial no sólo aumente de manera desproporcionada, sino que además en la mayoría de los casos lo hace de forma ineficiente (Pasquevich, 2016).

Las fuentes de energías renovables juegan un papel importante para lograr el desarrollo sostenible del sistema energético a nivel global. Este desarrollo sostenible, es la razón principal para que los proyectos energéticos se lleven a cabo de forma eficiente con la premisa de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las de generaciones futuras (Corporate Sourcing of Renewables, IRENA, 2018). La participación de las energías renovables en la generación mundial de energía eléctrica fue del 26% a finales de 2018. Dato que demuestra que, aunque la tecnología renovable es cada vez más rentable en comparación a las centrales eléctricas convencionales (REN21, 2019), su cuota de participación en el mercado energético global aún no es muy significativa.

De hecho, en el año 2018 el mercado eléctrico se mantuvo relativamente estable para las tecnologías de energías renovables. Como se muestra en la figura 1.1, la capacidad de potencia instalada creció a un ritmo constante en comparación al 2017.

Por tanto, a pesar del progreso en la absorción de energías renovables, la eficiencia energética y acceso a la energía, aún queda un largo camino por recorrer con vistas a alcanzar los objetivos marcados en el acuerdo de París para fomentar el desarrollo sostenible. Como mera prueba de ello, basta con mencionar que las emisiones mundiales de dióxido de carbono (CO₂) relacionadas con la energía crecieron un estimado 1,7 % en 2018 debido al aumento en el consumo de combustibles fósiles (REN21, 2019).

Aunque la mayoría de los países están más comprometidos que nunca en acelerar el despliegue de energías renovables (Renewable Power; Climate-safe, IRENA, 2018) y los debates sobre la generación de energía eléctrica y el clima se centran cada vez más en la búsqueda de soluciones

prácticas para reducir las emisiones de carbono, consensos globales que permitan crear marcos legislativos favorables aún están en vías de alcanzarse.

Figura 1.1 Capacidad acumulada de potencia instalada (en GW) de energía renovable en el periodo 2017-2018, Fuente (REN21, 2019)

Para ello, se requiere un profundo debate sobre cómo este proceso de transición energética hacia las energías limpias puede acelerarse y expandirse, y como las energías renovables pueden impulsar el desarrollo económico no solo de los países menos desarrollados sino también de las economías en rápido crecimiento como China e India, evitando la expansión de los combustibles fósiles durante el período de crecimiento económico (REN21, 2017).

Desde el principio, el objetivo de las energías renovables ha sido proporcionar energía limpia de manera confiable y este mandato aún se mantiene hoy en día. Los datos del mix energético a nivel mundial del 2018 indican claramente que la energía renovable llegó para quedarse. La energía fotovoltaica y la eólica son ahora opciones principales en el sector eléctrico, con un número creciente de países que generan más del 20 % de su electricidad con energía fotovoltaica y eólica (REN21, 2019). Estas son excelentes noticias, pero las tendencias actuales muestran que se necesitan decisiones más audaces en todos los sectores relacionados con el uso final de la energía para hacer que los sistemas energéticos sean sostenibles y no pierdan la confianza de los inversores que tanto ha costado hoy día.

Existe un consenso abrumador en todas las regiones de que la energía renovable dominará en el futuro. Más del 85% de los expertos en energías renovables esperan que la cuota de energía renovable se duplique al menos para 2050, y más de la mitad estima una participación del 80% y superior. Estos datos apuntalan la importancia de las industrias de energía renovable como un impulsor clave para la des-carbonización del sector energético (REN21, 2017).

Por tanto, resulta necesario establecer objetivos de electricidad renovable que proporcionen una señal clara al público, accionistas, clientes y gobiernos que les fomente a contribuir en un uso eficiente de la energía y al cumplimiento de los objetivos ambientales. De hecho, tales objetivos también pueden convertirse en una importante herramienta en la planificación interna de medición de la empresa para el desempeño sustentable (Corporate Sourcing of Renewables, IRENA, 2018).

Las políticas y el impulso para abordar el cambio climático han colocado a las energías renovables en el centro de esta transformación energética global. Para ello, el primer paso consiste en abordar proyectos sólidos de instalaciones de energías renovables que además de favorecer un desarrollo sostenible, ofrezca a los inversores importantes oportunidades económicas (Renewable Power; Climate-safe, IRENA, 2018).

Según reportes globales de la Renewable Energy Policy Network for the 21st Century la oferta de proyectos de energías renovable ha aumentado constantemente a lo largo de los últimos años, con excepción de la energía fotovoltaica que como se muestra en la siguiente figura la oferta del 2018 ha disminuido con respecto a la del 2017. La oferta de proyectos en energía fotovoltaica en 2017 fue de 9901 MW y en 2018 fue de 8719 MW.

Figura 1.2 Oferta de proyectos de energía solar fotovoltaica y eólica a nivel mundial en MW 2017-2018,
Fuente: (REN21, 2019)

Debido a esta disminución de proyectos fotovoltaicos en este último año, se hace necesaria una planificación exhaustiva que garantice que la producción energética pueda igualar constantemente la demanda para no disminuir la confianza de los inversionistas en el sector de energías renovables. Aumentar la cuota de energías renovables en el sector energético requiere cambios y nuevas formas de gestionar la red eléctrica, ya sea en grandes sistemas centralizados como en pequeños sistemas insulares.

Por lo tanto, la planificación del sistema energético es una de las claves principales para mitigar el calentamiento global. Tal y como se ha mencionado anteriormente, un primer paso sería la elaboración de proyectos sólidos en el ámbito de las instalaciones de energías renovables. Para ello, se deben de analizar cada una de las fases esenciales (viabilidad, planificación, ejecución, seguimiento, control y cierre) de la gestión de un proyecto (PMBOK, 2017).

Los gestores de proyectos energéticos renovables deben estudiar, aplicar y comprobar las distintas herramientas que ofrece el mercado para mejorar un producto que cada día requiere una elevada eficiencia. Si demostramos que planificando el sistema de forma sostenible y responsable podemos mejorar la calidad de la gestión energética de forma eficaz, lograremos una confianza sólida no solo del inversionista sino también de toda la sociedad.

Para obtener una buena planificación en este tipo de proyectos es importante tomar las mejores decisiones que abordan las incertidumbres y problemáticas que se presentan. Para quienes forman parte de los procesos de toma de decisiones en materia de política energética renovable, hay una gran cantidad de retos en esta línea, ya que existen objetivos con muchas dificultades y limitaciones por resolver. La participación activa de la sociedad civil en la planificación sostenible será crucial para aumentar la aceptación pública y acelerar la participación en el sector (REN21, 2017).

La planificación en proyectos energéticos no ha podido responder al ritmo del crecimiento de la demanda. A modo de ejemplo citaremos el caso de la capital de Tailandia, Bangkok. A día de hoy, esta ciudad tiene una población estimada de 8.2 millones. En el año 1820, Bangkok tenía menos de 50,000 residentes, que crecieron a aproximadamente 1.2 millones en 1950. Entre 1950 y 1990 la población de Bangkok se cuadruplicó en solo 40 años. Este crecimiento de la población tan elevado implica que el suministro de energía necesita ser expandido más rápido de lo que los procesos de planificación energética podrían acomodar, especialmente dado los limitados recursos financieros de un país en desarrollo.

El reto ahora no solo para Bangkok sino para muchos otros países insulares como por ejemplo República Dominicana es actualizar las infraestructuras energéticas de forma planificada y mejorar

la demanda energética sin perturbar las vidas de millones de personas que viven en ellos (REN21, 2017).

Sin embargo, las fuentes de energía renovables no son sencillas de planificar porque los recursos del que proceden dependen de la biodiversidad del medio ambiente y son intermitentes. Dentro de estas fuentes, la energía que cuenta con recursos inagotables es la energía solar, y además, a diferencia del aire, el viento o el calor, se puede aprovechar en una mayor cantidad de tiempo.

A finales del año 2018, al menos 32 países tenían una capacidad acumulativa de 1 GW o más de energía solar. La energía solar fotovoltaica ha jugado un papel significativo y creciente en la generación de electricidad estos últimos años (REN21, 2019). No obstante, dicha tecnología no está exenta de las problemáticas de planificación y gestión citadas con anterioridad por lo que, sus sistemas de generación y distribución requieren también de soluciones óptimas con vistas a aumentar su efectividad en el ámbito de la gestión de los proyectos.

Tomando en cuenta este contexto, nuestro trabajo se centra esencialmente en la toma de decisiones en la gestión de proyectos en instalaciones solares fotovoltaicas durante la fase de planificación. Por ello, trataremos en esta investigación de solucionar dos grandes problemáticas que afectan a las instalaciones fotovoltaicas no solo en la etapa de planificación del proyecto sino también en el transcurso del ciclo de vida del proyecto (planificación, diseño, construcción, puesta en marcha, etc.) con el propósito de mejorar la rentabilidad y la viabilidad en el proceso de gestión.

Para ello, en primer lugar, vamos a definir el tamaño óptimo que debería tener una instalación en el sistema fotovoltaico distribuido actualmente, aplicando beneficios socioeconómicos que generen el menor impacto ambiental al menor coste posible.

Y en segundo lugar vamos a examinar y a proponer mejoras de los actuales instrumentos de gestión técnica y financiera en materia de reducción de riesgos para mejorar la rentabilidad del proyecto. Lo haremos identificando y analizando los riesgos con mayor probabilidad de ocurrencia y las implicaciones relacionadas con las inversiones.

Para ello vamos a recurrir al uso de metodologías de toma de decisión en diferentes casos de estudios teniendo en cuenta los criterios principales que afectan a dicha problemática y, arrojando un sinnúmero de soluciones avaladas por la comunidad científica. Demostrando que con la utilización de herramientas de decisión multi-criterio se pueden resolver estas problemáticas existentes en el sistema energético en materia de planificación y gestión de proyecto, se aporta confianza al sector de las energías renovables, concretamente al de la energía solar fotovoltaica conectada a red.

1.2 Objetivos de la investigación

En este contexto, como hemos comentado anteriormente el objetivo general de esta tesis es mejorar la fase de planificación del sistema de gestión de las instalaciones solares fotovoltaicas aplicando un sistema de ayuda a la decisión a partir de la optimización y las buenas prácticas en el proceso de gestión del proyecto.

En particular esta tesis se enfoca en aplicar y demostrar la viabilidad de una metodología que combina información técnica con métodos de decisión multi-criterio al servicio de la gestión de proyectos de energía basados en la sostenibilidad. Con este propósito, en esta investigación se presentan diferentes casos de estudios acompañados de análisis comparativo y análisis de sensibilidad para demostrar que las diferentes herramientas que se utilizan para aportar modelos de decisión son soluciones robustas y fiables.

Para lograr este objetivo modelaremos dos problemas específicos: uno en el sistema de generación distribuida de las instalaciones y otro en la gestión de riesgos de los proyectos. Estos dos objetivos específicos se describen particularmente a continuación:

- 1- Determinar la escala óptima de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red según la dimensión de la generación distribuida a partir de la potencia a instalar a través de los beneficios socioeconómicos que ofrece el sistema.
- 2- Crear un modelo de reducción de riesgos a lo largo del ciclo de vida de una instalación fotovoltaica conectada a la red aplicando evaluación de juicio de expertos en las tres principales fases del proceso de gestión de riesgo.

Para llevar a cabo el cumplimiento de estos objetivos será necesario llevar a cabo los siguientes cinco sub-objetivos:

- OB 1. Seleccionar los factores y criterios más importantes que aumentan los beneficios socioeconómicos a la hora de obtener el tamaño óptimo de las instalaciones fotovoltaicas.
- OB 2. Obtener la escala óptima de las instalaciones fotovoltaicas que suman un 1 GW de potencia en condiciones estándar en un sistema de generación distribuida.
- OB 3. Identificar los riesgos que afectan la rentabilidad de las instalaciones fotovoltaicas, documentar sus características, obtener la prioridad de importancia de cada uno de ellos y realizar diferentes análisis que proporcionen consistencia de los resultados.

- OB 4. Realizar un análisis cualitativo de riesgos, evaluar las probabilidades e impacto de ocurrencia y obtener la prioridad de urgencia con la que deben ser atendidos cada uno de estos riesgos que afectan a la rentabilidad de una instalación fotovoltaica.
- OB 5. Realizar un análisis cuantitativo de los riesgos con estimaciones numéricas y previsiones claras que permitan comparar el comportamiento económico y evaluar la influencia de los riesgos en las instalaciones fotovoltaicas con características de sostenibilidad similares.

1.3 Estructura de la Tesis.

Esta tesis está estructurada en diferentes capítulos ordenados según el proceso lógico de desarrollo en función de los objetivos de la investigación. El desarrollo se plantea a partir del conocimiento actual que describe la gestión de proyectos de energía siendo estos los cimientos que sostienen esta investigación.

Posteriormente se describe la metodología de decisión multi-criterio que aporta novedad e innovación a la gestión de proyecto en el sistema de energía renovable. Una vez descrita la metodología se aplica el análisis de modelización a los dos problemas objeto de estudio a evaluar mostrando los resultados obtenidos. Finalmente se presentan las conclusiones y publicaciones del trabajo desarrollado.

La tesis se ha dividido en cuatro grandes bloques conformada por capítulos y sub-capítulos. En la figura 1.3 se puede visualizar su esquema de desarrollo. A continuación, vamos a desarrollar en detalle el contexto de los diversos capítulos.

El bloque I Estado del Arte está compuesto por el capítulo 2 y se estructura en tres partes:

Por un lado, el capítulo 2.1 describe el panorama actual de las energías renovables y se define la instalación fotovoltaica conectada a la red y sus componentes.

En el capítulo 2.2 se constituye el estado del conocimiento del tema tratado en cuestión de forma global y actualizada. Se describe el modelo de gestión de proyecto que se aplica actualmente en las instalaciones solares fotovoltaicas.

En el capítulo 2.3. Se describen y definen las limitaciones y dificultades de los dos problemas que abordamos que influyen en el sistema de gestión actual de las instalaciones fotovoltaicas. Además, se enumeran las mejoras que se proponen.

Figura 1.3 Esquema de desarrollo de la presente Tesis Doctoral, Fuente: (Elaboración Propia)

El Bloque II presenta la Metodología utilizada en esta investigación y se divide en cinco capítulos:

Por un lado, el capítulo 3.1 sintetiza el desarrollo teórico del problema de la toma de decisión en el ámbito general de las instalaciones fotovoltaicas. Se enumeran las diferentes investigaciones que han contribuido con dicho ámbito en estos últimos años.

En el capítulo 3.2 se describen y se presentan los pasos del método de toma de decisión AHP. Asimismo, en el capítulo 3.3 se describen y se presentan los pasos del método de toma de decisión del ANP y en el 3.4 del método TOPSIS.

Este bloque finaliza con el capítulo 3.5 donde se describe el método de decisión híbrido ANP-TOPSIS y se enumeran el aporte que han realizados las investigaciones científicas al respecto. Después se explica detalladamente el procedimiento para aplicar dicho método.

El Bloque III, Aplicación y Resultados se divide en dos partes, por un lado, el capítulo 4 que describe, plantea, evalúa y resuelve el objetivo 1 de esta tesis: Determinar la escala óptima de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red. Este capítulo plantea la solución de un problema existente en el entorno del sistema de energía con generación distribuida actual y se divide en tres capítulos.

En el capítulo 4.1 se define el sistema de la generación distribuida renovable y se clasifica el tamaño de las instalaciones fotovoltaicas en un sistema distribuido. En el capítulo 4.2 se enumeran y se describen los factores y criterios técnicos, económicos, medioambientales y sociales que influyen a la hora de obtener el tamaño óptimo de las instalaciones fotovoltaicas con sistema de generación distribuida.

Después en el capítulo 4.3 se aplica un ejemplo de caso de estudio del modelo propuesto que suma 1 GW de potencia en condiciones estándar para obtener la escala óptima de las instalaciones fotovoltaicas en un sistema de generación distribuida. Este capítulo finaliza con la realización de un análisis de sensibilidad y los resultados alcanzados tras el mismo.

Por otro lado, tenemos el capítulo 5 que describe, plantea, evalúa y resuelve el objetivo 2 de esta tesis: reducir los riesgos en todo el ciclo de vida de una instalación fotovoltaica conectada a red. Este capítulo plantea la modelización de la gestión de riesgos de las instalaciones fotovoltaicas aplicada a diferentes casos de estudio incluyendo un análisis comparativo del modelo propuesto. Dicho capítulo se encuentra dividido en cuatro partes.

En el capítulo 5.1 se describe el proceso de gestión de riesgos en un proyecto y su aplicación en las energías renovables. En el capítulo 5.2 se identifica los riesgos que afectan la rentabilidad de las

instalaciones fotovoltaicas y se presenta un modelo que ordena de forma prioritaria cada uno de esos riesgos.

En el capítulo 5.3 se analizan los riesgos de forma cualitativa evaluando primero las probabilidades e impactos de ocurrencia de los riesgos y obteniendo posteriormente la prioridad de urgencia con la que deben ser atendidos cada uno de estos riesgos. Como último capítulo del bloque de aplicación y resultados, 5.4 se analizan los riesgos de forma cuantitativa con estimaciones numéricas y previsiones claras de instalaciones fotovoltaicas con características similares. Se compara la influencia y el comportamiento técnico-económico de los riesgos del proyecto.

Finalmente, el Bloque IV Conclusiones y Publicaciones, se divide en dos partes: En el capítulo 6 se presenta las conclusiones principales de la investigación y se ofrece una perspectiva general de la aportación del conocimiento y del resultado de la tesis. En último lugar en el capítulo 7, se enumeran la divulgación de la investigación en publicaciones científicas, congresos, seminarios y conferencias y se incluye la plataforma de difusión de cada una de ellas.

Capítulo 2

2. ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se expondrá el contexto en el que se ha desarrollado esta Tesis Doctoral. Para ello, comenzaremos abordando la problemática de la demanda de energía eléctrica a nivel mundial junto con la evolución de las energías renovables con el objetivo de, centrar la atención en la situación actual de la energía solar fotovoltaica, su definición y sus componentes.

Una vez definidos los conceptos básicos de la instalación fotovoltaica conectada a red, se describirán los distintos tipos de proyectos que existen en el ámbito de las energías renovables y sus diferentes aspectos. Inicialmente se definirá el marco teórico del proyecto y su aplicación a las energías renovables de forma general para así, estar en disposición de plantear las diferentes herramientas de gestión y optimización de una instalación solar fotovoltaica en particular.

2.1. Estado global de las energías renovables (EERR)	27
2.2. Proyectos de EERR	36
2.3. Limitaciones y dificultades de la optimización del tamaño y la gestión de riesgos en ISF	49

2.1 Estado global de las Energías Renovables (EERR)

Durante muchos años, los países industrializados han sido capaces de satisfacer la demanda de energía eléctrica principalmente a través de grandes instalaciones centralizadas. La disponibilidad de energía a bajo coste a base de combustibles fósiles ha impulsado el desarrollo económico de los países industrializados, pero también ha contribuido a la degradación ambiental y al aumento de los gases de efecto invernadero con la consiguiente contribución al cambio climático (Paravantis et al., 2018).

La demanda mundial de energía eléctrica aumenta, impulsada tanto por la industrialización como por el aumento de la población. Este hecho lleva consigo un serio inconveniente, la generación de energía eléctrica es la mayor fuente de emisiones de CO₂ y ésta, debería transformarse en un sistema de generación sostenible (Biarne, 2018).

La emisión de dióxido de carbono es una de las causas que han contribuido al calentamiento global. Según la Administración de Información de Energía de EE.UU., la emisión total de dióxido de carbono a consecuencia del consumo energético mundial fue de 35,666 millones de toneladas métricas en 2016 (EIA, 2019), procediendo, la mayor parte de estas emisiones de la energía eléctrica generada a partir de combustibles fósiles, energía nuclear, y grandes centrales de generación de carbón.

Sin embargo, tanto la conciencia del cambio climático como la creciente escasez y el aumento de los precios de las fuentes de energía fósiles están induciendo a un cambio en las formas en que la energía se genera a nivel mundial. Las políticas nacionales e internacionales reconocen que el aumento simultáneo de la demanda de energía y el impacto negativo de los combustibles fósiles en el medio ambiente ponen de relieve la necesidad de producir energía a partir de fuentes de energías renovables (Paravantis et al., 2018). Por ello, la creciente demanda de energía y el continuo impulso mundial hacia la des carbonización para mitigar los efectos adversos del cambio climático han llevado a una intensificación de la energía renovable para estabilizar el crecimiento de las emisiones en el sector energético (Indraal, 2019).

El sector eléctrico está atravesando un período de cambio rápido, sin precedentes a partir del despliegue de las energías renovables. Con el deterioro del clima global y la creciente escasez de combustibles fósiles, cada vez se presta más atención a las energías renovables.

La electricidad producida por energías renovables es un tipo de producción más limpia. De hecho, con el objetivo de reducir las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, numerosas naciones han comenzado a tener conciencia de esta problemática ambiental y han definido

conceptos como el de energía verde el cual sólo libera una pequeña cantidad de gas de efecto invernadero (Zhang, 2019).

Hoy día, las energías renovables se han postulado como un pilar fundamental para alcanzar el desarrollo sostenible. Como consecuencia de ello, los mercados mundiales de electricidad están constantemente evolucionando para satisfacer la creciente demanda de energía renovable (Corporate Sourcing of Renewables, IRENA, 2018).

La última década refleja un crecimiento importante de las energías renovable en el mercado. La tabla 2.1 muestra el desarrollo de la demanda de la energía renovable a nivel mundial desde 2004 hasta 2015 medida en megavatios.

	Ud.	Solar Fotovoltaica	Solar Térmica	Eólica	Bio energía	Geotérmica	Hidroeléctrica	Energía Renovable
2004	MW/a	1052	0	8207	1244	13	19490	30006
2005	MW/a	1320	13	11531	1557	165	16057	30643
2006	MW/a	1467	0	15245	1974	408	17367	36461
2007	MW/a	2392	75	19866	2527	340	25925	51125
2008	MW/a	6090	55	26721	806	280	17082	51034
2009	MW/a	7203	119	38708	4861	200	9473	60564
2010	MW/a	16817	595	38850	7850	200	23359	87671
2011	MW/a	29665	500	40629	1069	200	25000	97063
2012	MW/a	29400	1034	44711	245	301	27070	102761
2013	MW/a	39000	885	35467	5000	500	40000	120852
2014	MW/a	39000	1000	51000	5000	641	18000	114641
2015	MW/a	50000	400	63000	5000	300	28000	146700
Total	MW	203882	4414	273657	24164	2142	161429	

Fuente: REN21, Renewable Global Status Report, años 2014-2016 (IRENA, 2018).

Tabla 2.1: Evolución del Mercado de Energías Renovables 2004-2015.

Las energías renovables, junto con la eficiencia energética, se están convirtiendo en importantes conductores capaces de acelerar la transformación global de energía. Anteriormente la energía renovable era la fuente de energía alternativa en la década de 1970; ahora es la principal fuente de energía del siglo XXI.

La liberalización de la energía a partir de los años 90 bajo la forma de inversión (incentivos a la inversión, sistemas de licitación, impuestos ambientales, etc.), basados en la generación (tarifas de alimentación, sistema de licitación para contratos a largo plazo, etc.) ha llevado a un crecimiento masivo de las energías renovables en diversos países (Alemania, España, etc.) desde el año 2000. La definición de los objetivos en el marco del protocolo de Kioto del año 1997 y el establecimiento del sistema europeo de comercio de emisiones son vistos como dos factores claves en el fomento y desarrollo de las energías renovables (Baumann, 2017).

Un claro ejemplo de ello puede observarse en la inversión en generación de energía a nivel mundial, ésta se duplicó entre 2005 y 2015, alcanzando unos 420 mil millones de dólares por año, procediendo el 70% de fuentes de energías renovables (Biarne, 2018).

Desde 2008, el coste de la energía eléctrica generada a través de tecnologías de energía renovable ha disminuido. A partir de 2010, la energía renovable proporciona más del 10% del consumo final de energía a nivel mundial. Durante la última década, las tecnologías de energías renovables han experimentado un extraordinario desarrollo con la energía solar fotovoltaica creciendo a una tasa promedio anual del 42% y la energía eólica a una tasa del 27% (Renewable Power; Climate-safe, IRENA, 2018).

Tales datos corroboran la implantación de este tipo de fuentes de energía, a modo de ejemplo es de resaltar como la potencia eléctrica instalada mundial procedente de fuentes renovables alcanzó en el año 2012 la cifra de 1440 GW, procediendo la quinta parte de dicha cantidad (312 GW) de países de la Unión Europea (Paravantis et al., 2018). De hecho, el año 2013 corroboró este cambio de paradigma, se implantaron más centrales de generación de energía renovable que centrales de generación de carbón y ciclo combinado. Ya en el 2014, la energía renovable proporcionó el 19,2% de la energía demandada global (REN21, 2017).

A finales de 2016, la generación total de energía renovable superó la capacidad de 2000 GW. Al finalizar el año 2017, la capacidad global de energía renovable totalizó alrededor de 2195 GW, potencia suficiente para abastecer el 26,5% de la demanda de energía eléctrica global (Renewable Power Generation Cost, IRENA, 2018).

Figura 2.1. Participación estimada de energía renovable en la producción mundial de electricidad, finales de 2017, Fuente: (Renewables 2018 Global Status Report).

La energía renovable es ahora una fuente de generación de energía de bajo coste en muchas partes del mundo, superando la inversión en estas fuentes de energía a la inversión en fuentes de energía convencionales (Corporate Sourcing of Renewables, IRENA, 2018).

Según las estimaciones, será necesario mantener un nivel comparable de inversión anual en el periodo 2016-2025 para satisfacer la creciente demanda de energía e implementar políticas según lo acordado en la Conferencia de París sobre el Clima celebrada en diciembre de 2015. Un camino en línea con el objetivo de 2°C (mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de esa temperatura sobre los niveles preindustriales) requerirá una inversión aún mayor, probablemente en la magnitud de 250 mil millones de USD adicionales en la próxima década (Biarne, 2018).

Como dejaron de manifiesto los acuerdos de París, un objetivo central para frenar rápidamente las emisiones de gases de efecto invernadero y limitar el cambio climático es lograr una transformación del sector energético (Becker, 2017). Como resultado de dicha conferencia, al menos 133 países ya han declarado sus objetivos de energía renovable (Indraal, 2019).

Dado que las fuentes de origen renovable tienen un gran potencial para satisfacer parte de la demanda energética mundial y ofrecen soluciones sostenibles a largo plazo como la creación de riqueza, empleo y nuevas oportunidades de negocios, el despliegue de energía renovable continuará expandiéndose en el futuro ya que, su potencial técnico y económico está en gran parte sin explotar.

El llamado a un futuro de energía 100% renovable está ganando un amplio apoyo. Muchos expertos, destacan que el medio ambiente y la sociedad en general saldrán beneficiados en caso de una rápida transición hacia el 100% de las energías renovables (REN21, 2017). La participación de las tecnologías bajas en carbono en el mix de electricidad se estima que aumentará de aproximadamente el 45% existente en la actualidad a casi el 100% en 2050 (Baumann, 2017).

Un sistema de energía 100% renovable requerirá una combinación de diferentes tecnologías para cubrir toda la demanda a nivel mundial. La energía renovable se caracteriza por varias barreras que deben ser superadas antes de que se integre un 100 % en el mix de producción de electricidad. Algunas de estas barreras son: altos costes de inversión, sustitución de infraestructuras convencionales, escasa coordinación entre los operadores, elevados tiempos de espera para obtener permisos y, la escasa o nula comunicación entre las autoridades responsables (Paravantis et al., 2018).

Sin embargo, hoy en día, la generación de energía a partir de fuentes y tecnologías renovables es cada vez más competitiva y en muchas situaciones, menos costosa que las energías basadas en combustibles fósiles o la energía nuclear (Renewable Power; Climate-safe, IRENA, 2018).

El promedio de costes globales de energía nivelados (LCOE) para las tecnologías más maduras como son: bioenergía, geotermia e hidroelectricidad, se han mantenido relativamente estables en los últimos años.

Las tecnologías solar y eólica han visto disminuir sus costes de forma constante en los últimos años, motivo que les ha permitido convertirse en tecnologías renovables con un elevado grado de madurez capaces de ser competitivas y satisfacer las nuevas necesidades de generación eléctrica (REN21, 2018). Estos costes decrecientes han convertido a estas tecnologías renovables como las opciones con mayor grado de fiabilidad y robustez para la generación de energía en la mayoría de los países desarrollados.

2.1.1 Situación actual de la energía fotovoltaica

La energía fotovoltaica es la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Esta transformación se produce en los denominados paneles o módulos solares fotovoltaicos en los que, la radiación solar excita los electrones de un dispositivo semiconductor generando una pequeña diferencia de potencial (APPA, 2019).

Aunque el efecto fotovoltaico era conocido desde el siglo XIX, fue en la década de los 50, en plena carrera espacial, cuando los paneles fotovoltaicos comenzaron a experimentar un importante desarrollo como por ejemplo el suministro de energía eléctrica a satélites geoestacionarios de comunicaciones, hoy en día constituyen una tecnología de generación eléctrica renovable.

El año 2017 fue un hito para la energía solar fotovoltaica: A nivel mundial se implantó mayor capacidad de energía solar fotovoltaica que de cualquier otro tipo de tecnología de generación de energía. La potencia instalada fue superior a las adiciones de capacidad neta de tecnologías de generación basadas en combustibles fósiles y la energía nuclear combinadas. En dicho año, la energía solar fotovoltaica se convirtió en la principal fuente de energía en los principales países industrializados (China, India, Japón, Estados Unidos, etc.). A nivel mundial, al menos 98 GW de energía solar fotovoltaica fue instalada (dentro y fuera de la red), aumentando la capacidad total, casi una tercera parte, para un total acumulado de aproximadamente 402 GW (REN21, 2018).

A nivel mundial, la expansión del mercado se debe en gran parte a la creciente competitividad de la energía solar fotovoltaica combinada con la creciente demanda de energía eléctrica en los países en desarrollo, así como a la creciente conciencia del potencial de la energía solar fotovoltaica para mitigar la contaminación atmosférica, reduciendo emisiones de CO₂. Los mercados están emergiendo y los países en todos los continentes comienzan a contribuir significativamente al crecimiento global.

Los mercados internacionales tales como China, Estados Unidos, India, Japón y Turquía aglutinaron casi el 84% de los nuevos proyectos de instalaciones fotovoltaicas en el año 2017. En el año 2018, cada continente había instalado al menos 1 GW y al menos 29 países tenían 1 GW o más de potencia instalada en energía fotovoltaica conectada a la red (REN21, 2018).

El significativo aumento del mercado se debe principalmente a China, donde las nuevas instalaciones aumentaron más del 50%. Este mercado se ha duplicado los últimos tres años, mientras que otros mercados importantes (Japón y Estados Unidos) continúan aumentando la contratación en este tipo de proyectos fotovoltaicos por quinto año consecutivo (REN21, 2018).

La demanda en la zona euro es impulsada cada vez más tanto por nuevas licitaciones como por políticas de autoconsumo. A consecuencia de ello, se han desarrollado varias plantas de generación de energía fotovoltaica a escala de servicios públicos durante el año 2018 en Italia, Portugal, España, incluyendo el Reino Unido. Los principales mercados de energía fotovoltaica de la Unión Europea fueron (en orden de tamaño de mercado) Alemania, el Reino Unido, Francia y los Países Bajos.

A excepción del Reino Unido, todos han visto aumentando su crecimiento en relación con estos tres últimos años en términos de potencia instalada fotovoltaica. Alemania agregó casi 1.7 GW para un total de 42.4 GW. Francia y Holanda cada uno suma casi 0.9 GW por año, mientras que las instalaciones de España aumentaron un 145% en comparación con estos tres últimos años 2015-2018, a 0.1 GW principalmente en proyectos de instalaciones solares fotovoltaicas sobre cubiertas (REN21, 2018).

Los datos anteriormente mencionados constatan que la implantación de centrales solares fotovoltaicas, ya sea sobre cubierta o en suelo, está teniendo un extraordinario auge en diversos países. Además, con la introducción del denominado balance neto en las instalaciones conectadas a red, ha comenzado a diversificar la tipología de proyectos de energía solar fotovoltaica.

La demanda de proyectos de energía solar a gran escala está siendo impulsada no sólo por la disminución del coste de la tecnología y el fuerte apoyo institucional a nivel global, sino también por la creación de puestos de trabajo que genera. De hecho, en la actualidad, se instalan plantas solares fotovoltaicas con más de 40,000 paneles solares cada hora del año (REN21, 2018).

Los denominados huertos solares representan aproximadamente el 91% de la energía solar fotovoltaica. Sin embargo, el mercado de las instalaciones solares sobre cubiertas de edificios (tejados, azoteas, etc.) también está recibiendo un gran impulso en gran parte por sectores comerciales, industriales y gubernamentales.

Esta tipología de instalación solar tiene como objetivo reducir la facturación de energía eléctrica sin la necesidad de desconectarse de la red. Para ello, en países como España se ha desarrollado un marco legislativo favorable que, aunque aún no abarca la totalidad de configuraciones potenciales como por ejemplo la opción del balance neto, está permitiendo generar un nuevo impulso aumentando la demanda de proyectos de instalaciones de energía solar fotovoltaica.

2.1.2 Instalaciones solares fotovoltaicas (ISF) conectadas a la red

Más de un 90% de las centrales de generación fotovoltaicas están conectadas a la red de distribución eléctrica y vierten a ella su producción energética (CEPYME, 2009). De esta forma se evita que las instalaciones requieran disponer de fuentes de acumulación tales como baterías u otros tipos de acumuladores, constituyendo una aplicación más directa y eficiente de la tecnología. Una de sus principales virtudes es su aspecto modular, pudiéndose construir desde enormes plantas fotovoltaicas en suelo hasta un número muy reducido de módulos sobre una cubierta.

El origen de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red se remonta a mediados de la década de los 70 en los Estados Unidos, con la elaboración, por parte de la administración federal, de las primeras recomendaciones relativas al aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica en edificios. Pronto surgieron los primeros proyectos demostrativos en edificios residenciales, comerciales o de uso docente como el desarrollado en la Universidad de Tejas en Arlington en el año 1978.

Europa, por su parte, tuvo que esperar hasta finales de la década de los 80 para albergar sus primeras instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red. Las primeras se establecieron en Alemania, Austria y Suiza caracterizada inicialmente por proyectos de demostración tecnológica, la situación fue evolucionando a lo largo de la década de los 90 incrementándose tanto el número de instalaciones como el de países implicados (Caamaño, 1998).

Figura 2.2 Esquema de una instalación fotovoltaica conectada a la red, Fuente: (Elaboración Propia).

Este tipo de centrales fotovoltaicas pueden clasificarse en función de diversas tipologías como por ejemplo en términos de potencia instalada abarcando desde pequeñas instalaciones de 1 a 5

KWp (en cubiertas de edificaciones), a instalaciones de hasta 100 KWp sobre cubiertas de naves industriales o en suelo, e incluso plantas de generación de varios megavatios.

Por tanto, según su ubicación y tamaño, estas instalaciones pueden adoptar dos configuraciones (Abtahi, 2017):

- **Instalación sobre cubiertas de edificaciones:** se dividen en instalaciones con cubiertas inclinadas, cubiertas horizontales, integradas a fachadas y cubiertas semitransparentes.
- **Instalaciones en el suelo:** se dividen en instalaciones de huertos solares y centrales fotovoltaicas.

También pueden clasificarse en función de la estructura que las soporta, pudiendo ser en este caso fijas o con seguimiento solar (los paneles fotovoltaicos están situados sobre estructuras que siguen la trayectoria del sol) para optimizar la generación.

Otra diferente configuración que puede encontrarse en este tipo de instalaciones es en función de su arquitectura:

- **Instalaciones conectadas a la red con arquitectura centralizada:** Aquellas en las que su conjunto de módulos solares está conectado en serie a un inversor central.
- **Instalaciones conectadas a la red con arquitectura modular:** Aquellas en las que el conjunto de módulos se puede conectar a la red en paralelo por medio de paneles conectados a varios inversores.

La energía solar fotovoltaica (FV) conectada a la red como generación distribuida de forma modular permite partir de sistemas más reducidos que, posteriormente pueden ser transformados en sistemas de un tamaño mayor, favoreciendo la implantación por parte del usuario final (Prakash & Khatod, 2016).

Además, la naturaleza modular de las tecnologías fotovoltaicas permite, a diferencia de la arquitectura centralizada, un coste unitario y una eficiencia de conversión de energía prácticamente independiente del tamaño o escala de la instalación. A continuación, se enumeran las ventajas y desventajas de las instalaciones fotovoltaicas con arquitectura modular frente a las centralizadas:

- **Ventajas:** Ahorros en el coste de equipos, aumento de la fiabilidad del sistema, mejora de la monitorización del sistema, posibilidad de combinación de diferentes tecnologías fotovoltaicas, mayor protección, etc.
- **Desventajas:** Disminución de su vida útil, incremento de señal de ruido e interferencias, menor eficiencia, mayores costes del ciclo de vida de la tecnología, mayor interferencia electromagnética etc.

Con el objetivo de optimizar la generación de energía mediante tecnología solar fotovoltaica en función de la red será necesario determinar no sólo el tipo de instalación a diseñar sino también la tecnología solar más adecuada desde el punto de vista de la eficiencia.

Las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red tienen un conjunto de componentes que permite un funcionamiento óptimo que no deberá provocar en la red averías, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable. A continuación, se enumeran y se definen cada uno de esos componentes (Markvart, 2000):

1. Generador fotovoltaico que está compuesto de los siguientes elementos:
 - **Módulos fotovoltaicos:** Conjunto de células solares directamente interconectadas en serie o paralelo y encapsuladas como único bloque, entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie. Cada serie proporciona el valor de tensión deseado. La asociación en paralelo proporciona el valor de la corriente.
 - **Estructura soporte:** Se realiza una estructura con la orientación y el ángulo de inclinación necesario para que el modulo trabaje en las condiciones óptimas. Al diseñar dicha estructura se debe tener en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustitución de los elementos.
 - **Seguidor solar:** Es un dispositivo opcional mecánico capaz de orientar los paneles solares de forma que éstos permanezcan aproximadamente perpendiculares a los rayos solares, siguiendo al sol desde el este en la alborada hasta el oeste en la puesta.
2. Acondicionamiento de la potencia que está compuesto de los siguientes elementos (Markvart, 2000):
 - **Inversor DC/AC:** El inversor es un dispositivo electrónico de potencia cuya función básica es transformar la corriente continua en alterna, además de ajustar la frecuencia y la tensión eficaz para su consumo. Los parámetros básicos que definen el inversor son: voltaje de entrada, voltaje de salida, potencia de salida y eficiencia o rendimiento.
3. Equipos de medidas y control que está compuesto por los siguientes elementos:
 - **Sistema de Protecciones:** Para evitar daños de índole técnica se deben aplicar las medidas de protección eléctrica más usuales como cualquier instalación eléctrica.

- **Contador de generación eléctrica:** Normalmente en las instalaciones conectadas a la red se debe colocar un contador bidireccional que se encargue de contabilizar la energía que entra y la que sale al sistema de distribución energético.
4. Las cargas del sistema que está compuesto por los siguientes elementos (Markvart, 2000):
- **Red eléctrica:** Una instalación fotovoltaica necesita de un suministro eléctrico auxiliar en caso de no obtener la energía a través del sol, en este caso las instalaciones conectadas a la red dependerán de un sistema de distribución a nivel nacional que comprenderá el conjunto de medios y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica.
 - **Centro de transformación:** Este dispositivo se encarga de transformar y alimentar la energía de la red de distribución que llega en alta tensión para que la energía del sistema eléctrico auxiliar se convierta en energía utilizable por los usuarios finales normalmente en una instalación fotovoltaica conectada a la red la energía consumida entra al sistema a 400 voltios en trifásica y 230 en monofásica.

2.2 Proyectos de Energías Renovables EERR

Un proyecto es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema, la cual tiende a resolver una necesidad humana. En este sentido puede haber diferentes ideas, inversiones de distinta naturaleza, tecnología y metodologías con diverso enfoque, pero todas ellas destinadas a satisfacer las necesidades del ser humano en todas sus facetas, como pueden ser: educación, alimentación, salud, ambiente, cultura, etcétera (Bacca, 2013).

Un proyecto conlleva un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos indica un principio y un final definido. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto o cuando se termina el proyecto a consecuencia de que dichos objetivos no se cumplirán o no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto (Maqbool, 2018).

El objetivo de un proyecto es producir los entregables definidos en la evaluación previa del proyecto. Las consideraciones estratégicas y los beneficios para la organización se transfieren a la evaluación previa del proyecto (IPMA, 2009).

Un proyecto ha tenido un buen desempeño si ha cumplido con su alcance mientras se mantiene dentro del plazo programado y el coste presupuestado, y cumple con la calidad deseada y la satisfacción de los interesados (Maqbool, 2018). Por tanto, los objetivos fundamentales que debe satisfacer un proyecto son los cumplimientos de los plazos, presupuestos y la obtención de los resultados previstos (figura 2.3a).

UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS DEL PROYECTO

Figura 2.3 Objetivos y procesos de la Gestión de Proyectos, Fuente: (El proyecto y su dirección y gestión, Gómez-Senent & Capuzo, 1999).

En organizaciones maduras, el director facilita también una evaluación del efecto de los cambios en la visión y estrategia del proyecto teniendo en cuenta el proceso interactivo de gestión del proyecto. Los procesos interactivos se refieren a la planificación, el seguimiento, el control y la disposición del proyecto (figura 2.3b) y éstos, permiten realizar una sincronización eficiente de la vida útil del proyecto de extremo a extremo. (Gómez-Senent & Capuzo, 1999).

La dirección de proyectos también en proyectos de energías renovables es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades para cumplir con los requisitos del mismo. Los gerentes de proyecto deben tener una comprensión detallada de las implicaciones de los factores críticos de éxito ya que, estos factores afectan posteriormente a los procesos y las funcionalidades en la gestión del proyecto.

Los formuladores de políticas energéticas están apoyando cada vez más el desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica renovable, no solo por cuestiones ambientales sino también por motivos de índole económica (Ardini et al., 2019). La construcción de proyectos de energía renovable está ganando impulso continuamente como parte de la resolución de la independencia energética, ya que la demanda de energía está aumentando a nivel global.

Un elevado número de países están utilizando diferentes instrumentos y medidas para fomentar la inversión en proyectos de generación renovable ya que, la implantación de este tipo de sistemas de generación es un éxito en sí en pro del medioambiente y del desarrollo sostenible (Loncart et al., 2017).

Los proyectos de energías renovables enfrentan muchos desafíos específicos. Por un lado, los países industrializados han avanzado en la investigación y el desarrollo de tecnologías y, por lo tanto, dependen menos de la transferencia en la implementación de sus proyectos de energía renovables.

Por otro lado, los países en desarrollo dependen más de la transferencia de tecnología para implementar sus proyectos. Esto hace que sea aún más necesario efectuar prácticas de gestión sostenible de manera más eficaz en proyectos de este tipo (Ikejemba et al., 2017).

En algunos países, estos proyectos contribuyen significativamente a las economías regionales y a las transiciones lejos de los combustibles fósiles y la energía nuclear (Hicks & Ison, 2018). En los proyectos de energía renovable, la eficiencia y la eficacia son cruciales para garantizar el éxito del proyecto (Maqbool, 2018).

Muchos proyectos de energías renovables están destinados a mejorar el acceso a la energía en zonas rurales y áreas con escasa población impulsando su desarrollo económico. De hecho, según (Budzianowski et al., 2018), la implementación de proyectos de energías renovables afectará positivamente a la agricultura, reducirá la deforestación, proporcionará empleos para instalaciones, operaciones y mantenimiento, aumentará los ingresos fiscales, proporcionará energía para fábricas y otras empresas, mejorará la salud social y contribuirá a lograr un medio ambiente limpio.

Identificar el proyecto energético más apropiado permite minimizar la carga ambiental y el uso de recursos, al mismo tiempo que contribuye a la economía local, el empleo y la transferencia de tecnología. Un proyecto de generación de energía diseñado de forma incorrecta puede llevar a daños ecológicos y escasos rendimientos financieros. Por lo tanto, la adecuada selección de proyectos de esta naturaleza es una preocupación primordial para las compañías energéticas y las instituciones financieras (Buyukozkan et al., 2017).

En términos del ciclo de desarrollo, la mayor parte de proyectos de energía renovable conllevan estar sujetos a financiación, en mayor o menor medida, desde la etapa de innovación tecnológica hasta su culminación (Law, 2018). A nivel mundial, el uso de financiación en proyectos de nuevas plantas de energía renovable aumentó del 16% en el año 2004 al 52% en el año 2015 (Steffen Biarne, 2018). En el 2017 Se realizaron licitaciones de proyectos de energía renovable en más de 28 países (ver tabla 2.2).

La viabilidad económica de estos proyectos es un problema complejo que requiere que los inversionistas consideren circunstancias ambientales y sociales, además de técnicas. Por lo tanto, decidir sobre un proyecto energético en particular ya no es un ejercicio puramente económico. La mayoría de los proyectos de generación eléctrica renovable se caracterizan por una considerable incertidumbre y una toma de decisiones secuenciales (Wu Yunna et al, 2019).

Por ello resulta necesario desarrollar nuevos métodos de evaluación para este tipo de proyectos energéticos que no solo sean cualitativos, sino que también utilicen técnicas analíticas para integrar los criterios de decisión social y ambiental en los sistemas de apoyo a la decisión.

Ofertas de Energía Renovable a nivel mundial				
Países	Tecnología	2017	Tecnología	2018
Alemania	Energía Eólica	2,800 MW	Energía Renovable	200 MW
	Energía Eólica	940.8 MW	Energía Solar	623 MW
Argentina	Biomasa	143.2 MW	Energía Renovable	400 MW
	Biogás	89.6 MW		
	Hidroeléctricas	20.8 MW		
	Energía Solar	781.8 MW		
Armenia	Geotermia	30 MW	Energía Solar	55 MW
	Energía Solar	55 MW		
Australia	Energía Renovable	1750 MW	Energía Renovable	930 MW
Bolivia	Energía Solar	50 MW	-	-
Botsuana	Energía Solar	100 MW	-	-
Chile	Energía Renovable	12 TWh	-	-
El Salvador	Energía Solar	120 MW	-	-
Estados Unidos	Eólica offshore	400 MW	Energía Renovable	400 MW
Etiopia	Energía Solar	350 MW	Energía Solar	250 MW
	Energía Solar	500 MW	Energía Solar	200 MW
Francia	Eólica offshore	3000 MW	Eólica offshore	118 MW
	Energía Eólica y Solar	200 MW		
	Autoconsumo	51 MW		
Holanda	Eólica offshore	700 MW	-	-
India	Energía Solar	214 MW	Energía Solar	160 MW
	Energía Eólica	2000 MW	Energía Eólica	22 GW
Israel	Energía Solar	250 MW	-	-
Japón	Energía Solar	140 MW	Energía Solar	447 MW
Madagascar	Energía Solar	25 MW	Energía Solar	25 MW
Malasia	Energía Solar	563 MW	Energía Solar	40 MW
México	Energía Solar	1,323 MW	-	-
	Energía Eólica	689 MW		
Omán	Energía Solar	500 MW	Energía Solar	500 MW
Polonia	Energía Renovable	4,725 TWh	-	-
	Hidroeléctricas	49.8 MW		
Rusia	Energía Solar	520 MW	Energía Eólica	823 MW
	Energía Eólica	1700 MW		
	Energía Solar	300 MW		
Arabia Saudí	Energía Eólica	400 MW	Energía Solar	300 MW
	Energía Solar	100 MW		
Senegal	Energía Solar	3900 MW	-	-
España	Energía Eólica	4100 MW		
Sri Lanka	Energía Solar	10 MW	Energía Solar	90 MW
Turquía	Energía Eólica	1000 MW	Energía Eólica	1.2 GW
Zambia	Energía Solar	100 MW	Energía Solar	100 MW

Fuente: REN21, Renewable Global Status Report, 2018-2019 (REN21, 2018), (REN21, 2019).

Tabla 2.2: Visión general de las ofertas de energía renovable identificadas en 2017-2018.

Por lo tanto, es de vital importancia para los responsables del proyecto reconocer y reaccionar adecuadamente a un "cambio de rumbo" de las partes interesadas, desde una supuesta actitud de aceptación a una oposición activa a fin de garantizar la viabilidad general del proyecto (Buyukozkan et al., 2017). Esto puede allanar el camino para que la toma de decisión sea efectiva a la hora de optar por los proyectos adecuados.

Los proyectos actuales de energía renovable, especialmente aquellos que se ocupan del uso o el almacenamiento de energía eólica, solar o de agua, se ven cada vez más afectados por el desafío de la aceptación del proyecto de las partes interesadas (Hitzeroth Mation et al, 2013). Además, el tamaño y capacidad de los proyectos de energía renovable refleja el compromiso de un país. Tal y como se muestra en la tabla 2.2, la mayoría de los proyectos en energía renovables están enfocados a los sectores eólico y solar demostrando ser competitivos frente a los proyectos de tecnologías convencionales de energía (REN21, 2018).

A modo de ejemplo cabe citar el caso del Reino Unido donde, los proyectos de energía renovable tales como la energía eólica y la energía solar a gran escala, tienen un sólido historial comprobado de ayudar a mejorar la combinación energética general, al tiempo que satisfacen las necesidades energéticas del país (Pickard, 2016). No obstante, estos proyectos a veces generan impactos ambientales negativos significativos a nivel local y por lo tanto pueden que no siempre reciban la aceptación requerida para llevarse a cabo (Goedkoop & Devine-Wrigh, 2016).

Por esta razón al tomar decisiones sobre un proyecto de energía renovable en sus diferentes etapas de desarrollo, se deben considerar las interacciones de los desarrolladores de proyectos con otras partes interesadas, incluyendo tanto el ámbito local como el nacional (Law, 2018). Sin embargo, también puede haber excepciones como los grandes proyectos de energía los cuales están a menudo técnicamente vinculados con el sistema energético nacional a través de la conexión a red y, por lo tanto, su éxito y fracaso dependen de criterios contextuales específicos que no solo son técnicos (Sperling, 2017).

Por todo ello, la gestión de los proyectos de energía renovables ha demostrado implicar una alta complejidad debido a la gran cantidad de criterios que respaldan la adopción de los recursos energéticos (Ikejemba et al., 2017). Para obtener un valor más realista de los proyectos los decisores están evaluando el desempeño en todas las etapas del proyecto con el marco de referencia adecuado basándose en riesgos calculados.

Un proyecto de energía renovable incluye las diferentes etapas de un proyecto energético como son: la inversión, planificación, construcción, instalación, operación y mantenimiento (Steffen Biarne, 2018). En la actualidad los proyectos de energías renovables suelen ser independientes del sistema

de administración de los proyectos arquitectónicos, por lo que la inspección y el funcionamiento, aún no están estandarizados y no cumplen con los requisitos de diseño, ni de construcción que normalmente se utilizan para los proyectos eléctricos convencionales (Liu Xingmin et al, 2013).

Evaluar los proyectos de energía renovable de manera eficiente es un problema estratégico y significativo al que los responsables finales de tomar las decisiones en las empresas de generación de energía se deben enfrentar. La construcción del sistema de criterios de decisión es la clave para la evaluación. En los proyectos más novedosos de energía actualmente se introduce el concepto de perspectiva sostenible en el proceso de construcción del sistema de criterios de evaluación que incluye las cuatro dimensiones a considerar dentro del proyecto: económica, ambiental, social y técnica (Lihui, 2019).

De igual modo, la planificación es parte crucial del proyecto. En tales circunstancias, debe estudiarse la viabilidad de la energía renovable antes de poder iniciar el proyecto (Goh, 2014). Para abordarla es recomendable desarrollar una perspectiva integrada como una forma de emprendimiento social basándose en tres dimensiones analíticas (Becker Soren, 2017):

- Saber el propósito del proyecto.
- Saber el lugar y tamaño de integración
- Saber su forma de organización, la rentabilidad del proyecto y sus riesgos.

El objetivo es guiar a los gerentes, desarrolladores, investigadores y demás partes interesadas del sector de las energías renovables en el desempeño general de los proyectos y decidir en consecuencia a partir de un proceso exhaustivo de optimización y gestión del proyecto. Existen un sinnúmero de estudios recientes que abordan la gestión de proyectos en energías renovables desde esta perspectiva.

En las siguientes líneas se mostrarán algunos de dichos estudios según diferentes aspectos y puntos de vistas. Cabe citar por ejemplo desde el punto vista de la gestión de proyectos el estudio desarrollado por (Lee et al., 2017) los cuales diseñaron un modelo de gestión de proyectos para construir una planta de energía renovable o (Gatzert et al., 2016) que muestran diferentes soluciones de gestión de nuevos proyectos de generación de energía e identifican los mapas críticos en la transferencia de riesgos.

El trabajo desarrollado por (Ikejemba et al., 2017) explora de forma exhaustiva las razones de los fracasos en la gestión sostenible de proyectos de energías renovable en África mientras que, (Wu et al., 2019) establecen un marco de la toma de decisiones para seleccionar proyectos de energías

renovables óptimos en diferentes escenarios estratégicos donde se consideran la incertidumbre y la interacción del proyecto.

En el aspecto económico también es de resaltar estudios tales como el llevado a cabo por (Ardini et al., 2019) los cuales desarrollaron un método novedoso para evaluar el impacto macroeconómico de los proyectos de generación de energía renovable o (Steffen, 2018) el cual evalúa la importancia de la financiación de proyectos para las energías renovables. Por otro lado (Ebers & Hampl, 2018) investigan sobre la disposición de los individuos a la hora de invertir en proyectos de energías renovables y (Budzianowski et al., 2018) evalúan diferentes proyectos con énfasis en modelos de negocio empleados y proyectos innovadores.

Desde el punto de vista de la evaluación del desempeño de este tipo de proyectos (Lihui, 2019) aplica metodologías de tomas de decisiones involucrando criterios económicos, técnicos, medio ambientales y sociales. También (Maqbool, 2018) identifica múltiples criterios críticos de éxito y sus mecanismos de influencia, requeridos para proyectos de energías renovables y (Maqbool & Sudong, 2018) presentan una investigación sistemática sobre los criterios críticos de éxito que afectan a los proyectos de energías renovables.

En cuanto al aspecto social (Goedkoop & Devine-Wright, 2016) analizan el grado de confianza en proyectos de energías renovables a través de diversos actores. (Ahlborg, 2018) contribuye teórica y empíricamente a comprender la transición de la energía renovable sostenible en comunidades rurales y (Becker, 2017) examina proyectos de energía renovables en la unión europea a través de un lente de emprendimiento social desarrollando un enfoque integrado para el análisis de iniciativas energéticas de pequeña escala hacia la comunidad.

Por otro lado, el aspecto técnico del proyecto se analiza desde el punto de vista de la ubicación y el tamaño: (Frantál et al., 2018) explora la orientación espacial y la escala de los criterios para la ubicación de proyectos de energía renovable y (Kirkman et al., 2013) compara en términos de tamaño, intensidad de capital e inversión promedio los proyectos de energía renovables ubicados en el desarrollo de mecanismos limpios y anexos.

Finalmente, desde el punto de vista específico se observa como la literatura científica se centra en proyectos de energía eólica y fotovoltaica. Respecto a proyectos de energía eólica cabe citar al estudio de (Goh et al., 2014) los cuales analizan la relación causal de criterios importantes de planificación y desarrollo de proyectos de energía eólica en Malasia y (Loncart et al., 2017) que examinan las opciones reales de un potencial proyecto de parque eólico en Serbia.

En el ámbito de la energía solar fotovoltaica, señalar el trabajo de (Liu et al., 2013) donde se analizan los efectos de la política, mecanismos de incentivos, sistemas de evaluación, inspecciones de aceptación y los criterios estándar y de interés de diferentes proyectos de energía solar en edificaciones.

Otro ejemplo de optimización de proyectos en instalaciones fotovoltaicas (Sánchez-Lozano, 2014) donde combinando Sistemas de Información Geográfica (SIG) y métodos de toma de decisiones de criterios múltiples (MDMC) se evalúan las ubicaciones de instalaciones solares en el sureste de España.

Y finalmente, también es de resaltar el estudio de (Yenneti et al., 2016) en el que se analiza un proyecto energético desarrollado en la India considerando aspectos de la justicia social en los procesos de adquisición de tierras para la energía solar a gran escala.

2.2.1 Optimización y Gestión de ISF

La gestión de proyectos es una de las prácticas más antiguas de la humanidad. Desde pirámides egipcias hasta la Gran Muralla china, el hombre siempre ha iniciado proyectos complejos y los ha completado hasta el final (Maqbool, 2018).

La gestión de proyectos son todas aquellas acciones que se deben realizar para cumplir con una necesidad dentro de un periodo de tiempo. Por lo tanto, un principio y un final, durante el cual se utilizan recursos, herramientas y personas. Al final se obtendrá un producto final, el resultado esperado del proyecto (Gómez-Senent & Capuzo, 1999).

La gestión de proyectos está alcanzando niveles globales gracias a la entrada instantánea en el mercado y a la diversidad cultural y al trabajo especializado. Hoy en día ha cobrado mayor importancia a medida que se inician proyectos de diversas características, tamaños y disciplinas. Es por eso que ha surgido una necesidad de investigación para producir un modelo que pueda facilitar a los gerentes de proyecto tratar problemas complejos.

Las técnicas modernas de gestión de proyectos se desarrollan para disminuir los riesgos y tratar de garantizar el éxito de los proyectos. Sin embargo, todavía la mayoría de las herramientas y técnicas presentadas parecen ser insuficientes para responder a muchas preguntas a las que se enfrentan los gestores de proyectos (Maqbool, 2018).

Para llevar a cabo adecuadamente la gestión de un proyecto, resulta fundamental definir con claridad las diferentes características del proyecto como son: su tamaño, su inicio, su conclusión, los recursos disponibles, las restricciones internas, las limitaciones externas, los factores influyentes, el marco legal, el ámbito geográfico, así como todas aquellas características que

contribuyan a definir las reglas del juego en que se va a desarrollar el proyecto (Gómez-Senent & Capuzo, 1999).

Cualquier proyecto conlleva un ciclo de vida que se realiza en todo el proceso evolutivo del mismo y consta de varias etapas (figura 2.4.). En este proceso de estudio de la evaluación de proyecto se distinguen tres niveles de desarrollo (Bacca, 2013).

El primer nivel, no es más que la etapa de concepto (figura 2.4) consiste en identificar la idea o el proyecto, es la simple visión que se elabora a partir de información existente, juicio común y la opinión que da la experiencia. En términos económicos sólo se presenta cálculos globales de las inversiones, los costes y los ingresos, sin profundizar en otros aspectos.

Figura 2.4 Ciclo de vida del Proyecto, Fuente: (PMBOK, 2017)

El nivel de concepto se divide en las siguientes sub-etapas: Idea del proyecto, análisis del entorno, detección de necesidades y análisis de oportunidad para satisfacer dichas necesidades (fig. 2.5). Esta primera parte de la gestión formal del proyecto se completa con lo que se denomina estudio de mercado que consta de la determinación y cuantificación de la demanda y la oferta, el análisis de los precios y el estudio de la comercialización.

Este estudio de mercado es útil para prever una política adecuada de precios, estudiar la mejor forma de comercializar el producto y contestar la primera pregunta importante del estudio: ¿existe un mercado viable para el producto que se pretende elaborar? Si la respuesta es positiva, el proyecto continúa hacia el siguiente nivel que se denomina estudio de viabilidad o anteproyecto.

Si la respuesta es negativa, se plantea la posibilidad de un nuevo estudio más preciso y confiable; si el estudio hecho ya tiene esas características, lo recomendable sería detener la inversión en el proyecto (Gómez-Senent & Capuzo, 1999).

Después en la etapa de diseño (fig. 2.4) se realiza el segundo nivel que se divide en las siguientes sub-etapas: Definición conceptual del proyecto, factibilidad del proyecto, evaluación económica del proyecto y decisión sobre el proyecto (fig. 2.5).

Figura 2.5 Proceso de evaluación del proyecto, Fuente: (Bacca Urbina Gabriel, 2013)

Este nivel incide directamente en el desarrollo de esta tesis, no es más que realizar un estudio de viabilidad que define y profundiza el examen en fuentes secundarias y primarias, detalla la

tecnología que se empleara, determina los costes totales y la rentabilidad económica del proyecto y es la base en la que se apoyan los inversionistas para tomar una decisión (Bacca, 2013). Pero antes de definir el modelo propuesto en este nivel vamos a describir el panorama actual de la gestión y optimización en las instalaciones fotovoltaicas.

La gestión de proyectos ha crecido para abarcar múltiples disciplinas desde proyectos de construcción a telecomunicaciones y software incluyendo las energías renovables (Maqbool, 2018). La gran mayoría de proyectos de energía renovable que se están realizando son nuevos proyectos de infraestructuras.

En el ámbito de los proyectos de energía renovable, los proyectos de energía eólica, solar fotovoltaica e hidroelectricidad dominan el horizonte próximo de generación de energía. La energía eólica y la solar fotovoltaica están situadas entre las nuevas tecnologías de generación de energía a bajo coste logrando incluso la paridad de red en muchos países. Los principales mercados se están alejando rápidamente de las centrales eléctricas convencionales (REN21, 2017).

En esta última década ha aumentado de manera considerable el número de proyectos de energía solar fotovoltaica. La capacidad de plantas fotovoltaicas a nivel global aumentó de 6,1 GW a finales de 2006 a 291 GW a finales de 2016. Por ello, los factores de capacidad para proyectos de energía solar fotovoltaica a gran escala han ido avanzando a lo largo del tiempo, con una media ponderada global del 28%, desde 14% en promedio en 2010 a 18% en 2017 (REN21, 2017). Esto es principalmente debido a un cambio en el despliegue de áreas con mejores recursos solares y las mejoras tecnológicas producidas en la gestión de los proyectos.

Sin embargo, hay dos razones significativas que aún no permiten que los proyectos fotovoltaicos sean competitivos a nivel global. Por un lado, están emergiendo nuevos mercados que aún no se han establecido localmente y que por tanto aún no son competitivos en aspectos tales como la cadena de suministro y el desarrollo de la gestión del proyecto. Por otro lado, la energía solar fotovoltaica es extremadamente modular, característica que permite su implantación en ubicaciones muy remotas (por ejemplo, en el interior de países africanos, islas u otros lugares aislados, etc.), donde los costes logísticos son significativamente más elevados que en áreas cercanas a puertos con infraestructura de apoyo.

En este caso, los mayores costes son típicamente sostenibles, ya que el ahorro en costes de utilización de combustibles convencionales como el diesel es mejorable y no existe confiabilidad en la red eléctrica, por lo tanto, se hace necesario realizar una gestión de proyecto que optimice esos costes (Renewable Power Generation Cost, IRENA, 2018).

2.2.1.1 Modelo de optimización y gestión aplicado en la Tesis Doctoral

El modelo de gestión de proyecto que se aplica actualmente en las instalaciones solares fotovoltaicas es la metodología de evaluación utilizada en cualquier proyecto de este tipo, tomando en cuenta que cada uno tiene una particularidad específica de adaptación.

Las áreas generales en las que se aplica la metodología de evaluación de este tipo de proyecto son (Bacca, 2013):

- Instalación de una planta totalmente nueva.
- Ampliación de la capacidad instalada o creación de sucursales.
- Elaboración de un nuevo producto de una planta ya existente.
- Sustitución de maquinaria por obsolescencia o capacidad insuficiente.

Esta gestión y optimización de proyectos fotovoltaicos debe cumplir con los parámetros fundamentales establecidos, definir la metodología a seguir en su realización, planificar y programar las tareas y recursos.

Como comentamos anteriormente estos parámetros fundamentales se aplican en la etapa del diseño del proyecto (nivel 2); los cuales contienen unas sub-etapas (figura 2.5) que aplicamos directamente en esta tesis. Para conseguir los objetivos de optimización y gestión de un proyecto de energía solar fotovoltaica aplicamos algunos estudios y análisis que se comprende en el nivel de viabilidad del proyecto (figura 2.6):

1. **Análisis o estudio de recursos:** tiene como objetivo identificar la disponibilidad de los recursos necesarios para la generación energética. Se realiza un estudio de irradiación que describe el posible aprovechamiento del recurso solar.
2. **Análisis o estudio técnico:** se subdivide a su vez en cuatro partes, que son (Bacca Urbina, 2013):
 - **Determinación del tamaño óptimo de la planta:** La determinación de un tamaño óptimo es fundamental en esta parte del estudio. Cabe aclarar que tal determinación es difícil, las técnicas existentes para su determinación son iterativas y no existe un método preciso y directo para hacer el cálculo.

Aquí es necesario plantear una serie de alternativas cuando no se conoce y domina a la perfección la tecnología que se empleará. Los principales factores que determinan el

tamaño de una instalación de energía fotovoltaica son: la disponibilidad del recurso, la tecnología aplicable y los recursos financieros.

En esta Tesis Doctoral se propone mejorar este análisis mediante métodos de toma de decisión para obtener la mejor solución tomando en cuenta múltiples factores técnicos, socioeconómicos y medioambientales.

Figura 2.6 Modelo de gestión y optimización de viabilidad propuesto, Fuente: (Elaboración propia)

- **Determinación de la localización óptima de la planta:** Es aquella que contribuye en mayor medida que se logre la mayor tasa de rentabilidad del proyecto sobre el capital.

Los principales criterios relacionados con la localización de una instalación de energía fotovoltaica son: disponibilidad de recursos, regulaciones ambientales, legislaciones urbanísticas, incentivos gubernamentales, disponibilidad del terreno, costes del suelo y de la construcción, etc.

- **Definición técnica o de ingeniería del proyecto:** consiste en realizar el análisis de las tecnologías disponibles y el pre diseño de la instalación. El objetivo general es definir

técnicamente el proyecto resolviendo todos los aspectos concernientes a la instalación, su puesta en marcha y su funcionamiento.

- **Análisis organizativo, administrativo y legal de la planta:** Estos aspectos debido a la importancia y delicadeza son tratados en la etapa final de la realización del proyecto, pero siempre se debe esbozar y mencionar la idea general que se tiene sobre ello.
- 3. **Estudio o análisis económico:** Su objetivo es ordenar y sistematizar la información de carácter monetario que proporcionan las etapas anteriores y elaborar los cuadros analíticos que sirven de base para la evaluación económica (Bacca Urbina, 2013).
- 4. **Gestión o análisis del riesgo:** es la gama de posibles rentabilidades que se pueden obtener del proyecto, en este análisis se tiene en cuenta la incertidumbre de los datos. El resultado de una evaluación económica tradicional no permite prever el riesgo de una posible bancarrota a corto o a medio plazo, lo que sí es posible con esta perspectiva de análisis.

En esta tesis se propone realizar un análisis de riesgo que no solo mejora la evaluación de la rentabilidad, sino que también evita la quiebra del proyecto aplicando metodologías de toma de decisión multi-criterio.

2.3 Limitaciones y dificultades de la optimización del tamaño y la gestión de riesgos en ISF

La planificación del sistema energético es una de las claves principales para mitigar el calentamiento global que existe. Esto se puede lograr tomando las mejores decisiones en el proceso de las fases esenciales (viabilidad, planificación, ejecución, seguimiento y control y cierre) de la gestión de un proyecto (REN21, 2017).

Las instalaciones de energía renovable requieren una infraestructura sólida para generar y distribuir los recursos energéticos. Esto requiere una planificación y gestión adecuada en la construcción, así como el cumplimiento de las preocupaciones ambientales y sociales para cumplir con la construcción sostenible (Pietrosemoli et al, 2013).

Por esta razón, los gestores de proyectos energéticos renovables deben estudiar, aplicar y comprobar las distintas herramientas que ofrece el mercado para mejorar un producto que cada día requiere una elevada eficiencia. En esta tesis queremos demostrar que planificando el sistema de forma sostenible y responsable podemos mejorar la calidad de la gestión energética de forma eficaz a partir de herramientas y metodologías novedosas que puede mejorar la confianza de los desarrolladores e inversionistas del sector de las energías renovables.

Para lograr este objetivo, nos centramos en la tecnología renovable fotovoltaica porque es una de la más utilizada y se genera a través del sol que es un recurso que se regenera por medios naturales. Dicho esto, la energía solar fotovoltaica es una fuente con alta probabilidad de análisis que impliquen soluciones a los sistemas energéticos renovables para aumentar la efectividad de la gestión de proyecto.

Tomando en cuenta este contexto descrito esta tesis se centra esencialmente en la gestión de proyectos en instalaciones solares fotovoltaicas durante la fase de planificación del proyecto aplicando metodologías de toma de decisiones.

El trabajo se enfoca en solucionar las limitaciones y dificultades que tienen dos grandes problemáticas que afecta a las instalaciones fotovoltaicas no solo en la etapa de planificación del proyecto sino también en todo el ciclo de vida del proyecto (planificación, diseño, construcción, puesta en marcha, etc.) con el propósito de mejorar la rentabilidad y la viabilidad en el proceso de gestión.

En primer lugar, vamos a definir el tamaño óptimo que debería tener una instalación en el sistema fotovoltaico distribuido actualmente aplicando beneficios socioeconómicos que generen el menor impacto ambiental al menor coste posible.

Y, en segundo lugar, vamos a examinar y a proponer mejoras de los actuales instrumentos de gestión técnica y financiera en materia de gestión de riesgos. Lo haremos identificando y analizando los riesgos con mayor probabilidad de ocurrencia y las implicaciones relacionadas con las inversiones.

2.3.1 Optimización del Tamaño de las ISF

En los últimos años, se han desarrollado potentes herramientas de optimización para la integración óptima del sistema de generación de energía. Por lo tanto, las técnicas de optimización están en continua evolución y han sido recientemente el foco de muchos estudios nuevos (Abdmouleh et al, 2017). Los niveles crecientes de optimización requieren herramientas y métodos robustos capaces de evaluar la capacidad y las necesidades del sistema de generación para producir la mejor estrategia de planificación.

Al contrario de la mayoría de las fuentes de energía convencionales, la tecnología fotovoltaica tiene una amplia gama de aplicaciones en una amplia gama de tamaños. Por esta razón, los parámetros de tamaño de la energía fotovoltaica deben determinarse cuidadosamente para mejorar el rendimiento y la eficiencia general del sistema en que se desenvuelven. De lo contrario, la instalación podría

provocar efectos negativos en la calidad de la energía y el funcionamiento del sistema (Abdmouleh et al, 2017).

Hoy en día, el número de plantas fotovoltaicas medianas y grandes está aumentando significativamente y la necesidad de una gestión energética óptima y la utilización de dichas plantas es de gran importancia. Actualmente en muchos países instalar una capacidad adicional de generación eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica sin ningún impacto ambiental y costes bajos es una dificultad.

Las instalaciones solares fotovoltaicas con un dimensionamiento no óptimo pueden dar lugar a diversos problemas tales como un incremento en las pérdidas del sistema y los costes, aumento de tensión y fluctuaciones, fiabilidad y problemas de estabilidad (Viral, 2012). Por lo tanto, el tamaño adecuado de una instalación eléctrica fotovoltaica es un factor crucial para la confiabilidad y para satisfacer la demanda de los consumidores.

Existen varias investigaciones que estudian el dimensionamiento de la energía solar fotovoltaica por sus limitaciones y los objetivos impuestos (Rezaee, 2016), (Wen-Shan et al, 2013). Averiguar el tamaño óptimo de las unidades de los sistemas de energía solar ha sido un gran desafío para los planificadores de sistemas de energía, así como para los investigadores en el campo (Rezaee, 2016).

Al abordar este problema se ha realizado una revisión crítica empleando diferentes metodologías; por lo tanto, se prevé que la mejor solución a este problema es la optimización (Payasi et al, 2011). Sin embargo, la dimensión óptima a instalar sigue siendo un problema sin resolver (Viral, 2012).

La mayoría de los estudios que pretenden determinar el tamaño óptimo de las instalaciones fotovoltaicas se han centrado en instalaciones a pequeña escala, concretamente las que van desde techos solares en el consumidor o usuario final (Wu Yunna et al, 2018).

Sin embargo, algunos estudios recientes enfatizan que las plantas de energía solar grandes o las instalaciones a gran escala son las más recomendadas, ya que garantizan que se cubran las necesidades de suministro y reducen considerablemente las emisiones de gases de efecto invernadero (Phillips, 2013). En este estudio nos limitamos a que las diferentes alternativas que seleccionamos garanticen la capacidad requerida para que los módulos que componen la instalación óptima sumen hasta 1 GW de energía.

Para superar esta dificultad se han creado dos grandes grupos de alternativas con una limitación de opciones según la escala que indica el sistema de generación de energía distribuida. El objetivo como ya hemos establecido anteriormente es correlacionar varios criterios económicos, técnicos y

socio-ambientales para obtener el tamaño de módulo ideal de una instalación fotovoltaica para cada aplicación posible mediante metodologías de decisión multi-criterio.

2.3.2 Gestión de Riesgos en las ISF

El desarrollo de las infraestructuras de energía fotovoltaica requiere grandes esfuerzos por parte de diseñadores, investigadores, propietarios, clientes y constructores para intentar causar el menor riesgo posible. La inversión en proyectos fotovoltaicos suele ser bastante altos, por lo que las empresas energéticas y los inversores tratan de evitar tomar decisiones deficientes (Pietrosemoli & Monroy, 2013).

Además, como resultado de los continuos cambios rápidos en las condiciones climáticas del planeta, ayudar a los posibles inversores, desarrolladores y a las administraciones a evaluar, mitigar y asegurar los riesgos es un desafío que genera una importante oportunidad de negocio para los servicios que gestionan dichos riesgos.

Por esta razón, la gestión de riesgos es de gran interés para tener un conocimiento profundo de los aspectos tecnológicos, sociales y ambientales del proyecto fotovoltaico. Actualmente es necesario conocer las limitaciones que puedan surgir, y las inversiones necesarias y los intereses económicos y políticos que puedan aparecer.

En proyectos de este tipo el objetivo del inversionista o promotor es maximizar el beneficio del proyecto. Para cumplir este objetivo primero se debe gestionar los riesgos que imposibilitan el retorno adecuado del capital, bajo este propósito están sujetas a análisis de riesgo las diferentes cifras de rentabilidad que son fundamentales para transmitir lo atractivo que es la inversión en una instalación fotovoltaica.

En esa parte de la Tesis Doctoral determinamos los riesgos que pueden afectar la rentabilidad de una instalación fotovoltaica conectada a red e identificamos y documentamos las características que habría que considerar.

De esta forma será posible generar un registro de riesgos que ayude a los inversores o prestamistas potenciales a conocer el riesgo de una inversión y así poder optimizar el diseño del proyecto. Con los resultados obtenidos se pretende ayudar a reducir los riesgos, que los inversionistas privados aún perciben, en proyectos de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red.

Para evaluar y priorizar los riesgos potenciales de las instalaciones fotovoltaicas, es recomendable utilizar metodologías de ayuda a la decisión. Estas técnicas son vitales ya que permiten identificar los riesgos que podrían impedir la rentabilidad de estas instalaciones.

Existen métodos para la solución de gestión de proyectos que abordan los riesgos, como la incluida en el PMBOK, Guía que es una de las más conocidas. Según esta guía se pueden tomar diferentes técnicas para la evaluación de juicios de expertos del proyecto en las diferentes etapas de la gestión de riesgos (PMBOK, 2017). Actualmente esta evaluación de juicio de expertos se suele hacer de forma empírica lo cual implica una dificultad a la hora de dar veracidad a los resultados obtenidos.

Es por eso que de forma novedosa en la etapa de evaluación de juicio que recomienda la guía PMBOK lo hacemos aplicando metodologías multi-criterio. Este trabajo se limita a presentar una solución que aplica diferentes metodologías abordando las siguientes etapas de la gestión del riesgo:

- **Identificar los riesgos:** se utiliza una combinación de métodos para recopilar la información, se realiza análisis de determinación, se emplean técnicas de diagramación y de evaluación de juicio con la finalidad de obtener la categorización y priorización de los riesgos.
- **Análisis Cualitativo de los riesgos:** se combina los resultados obtenidos en la matriz de probabilidad e impacto con el análisis de evaluación de urgencia en términos de tiempo, costes, rendimiento y gravedad de los riesgos.
- **Análisis Cuantitativo de los riesgos:** se utilizan diferentes modelos que traducen las incertidumbres detalladas en su impacto potencial sobre los objetivos del proyecto combinado con las estimaciones que se realizan habitualmente, se utiliza metodología multi-criterio para obtener el comportamiento económico teniendo en cuenta el riesgo en la sostenibilidad del proyecto.

Se representa todo el proceso de rentabilidad de un proyecto a través de un grupo de expertos que determina el efecto de los riesgos sobre las instalaciones fotovoltaicas desde la etapa de diseño hasta llegar a la construcción y puesta en marcha.

Esta solución se aplica a varios casos de estudio, teniendo en cuenta la opinión de diferentes expertos y realizando análisis de sensibilidad y análisis comparativo en las diferentes etapas. Concretamente, se usan herramientas avanzadas y novedosas en cada una de las etapas enumeradas de la gestión de riesgos solucionando problemas que ocurren en todo el ciclo de vida de una instalación fotovoltaica conectada a red aplicando decisión multi-criterio.

Capítulo 3

3. METODOLOGÍA

En este capítulo se describe el marco metodológico en el que se ha desarrollado esta tesis. Iniciamos contextualizando la toma de decisiones en el ámbito de las instalaciones solares fotovoltaicas ISF.

Una vez establecida la metodología multi-criterio en el ámbito que nos ocupa, se definen las diferentes metodologías de MDMC que se aplicarán en las instalaciones fotovoltaicas y que se utilizarán en los diferentes casos de estudio. En este apartado vamos a enumerar el procedimiento básico para aplicar las metodologías de decisión que ha creado el Prof. Thomas L. Saaty y TOPSIS. Además, se presenta una metodología de decisión multi-criterio híbrida ANP-TOPSIS.

3.1	Decisión multi-criterio en instalaciones fotovoltaicas.....	55
3.2	Proceso Analítico Jerárquico (AHP)	57
3.3	Proceso Analítico en Red (ANP).....	62
3.4	Método TOPSIS	65
3.5	Método híbrido ANP-TOPSIS.....	68

3.1 Decisión multi-criterio en instalaciones fotovoltaicas

En proyectos de instalaciones de energías renovables, como en cualquier otro proyecto de ingeniería, la toma de decisión es una actividad intelectual que resulta necesaria e imprescindible afrontar, para ello se deben construir y desarrollar metodologías adecuadas en el campo científico en el que surge la cuestión que se ha de resolver (San Cristóbal, 2011).

Los métodos de decisión con múltiples criterios (MDMC) se utilizan con éxito en muchos y diferentes procesos de planificación (Sánchez-Lozano et al., 2015). Los MDMC son metodologías para tomar decisiones en problemas complejos de manera sistemática y estructurada (Cheng-Shiung et al., 2010).

Los conceptos y métodos de los MDMC presentan un marco que incorpora múltiples criterios contradictorios en la planificación (Mortezaa et al., 2016). El objetivo de estas metodologías es proporcionar un marco eficaz para la clasificación y selección de una o más opciones de un conjunto de alternativas (Singh et al., 2011). Los problemas prácticos a menudo se caracterizan por varios criterios contradictorios, y puede que no haya una solución que satisfaga todos los criterios simultáneamente. Por lo tanto, la solución debe ser una solución de compromiso, según las preferencias del tomador de decisiones (Sánchez-Lozano et al., 2013).

Estas metodologías son una rama de una clase general de modelos de investigación de operaciones que se ocupan de los problemas de decisión en virtud de la presencia de una gran cantidad de factores y criterios. Se proporciona sofisticadas herramientas metodológicas que se orientan hacia el apoyo de los tomadores de decisiones para hacer frente a las decisiones complejas del mundo real (Sakthivela et al., 2015).

En el ámbito de las instalaciones solares fotovoltaicas las metodologías de decisión multi-criterio han adquirido una especial relevancia, un hecho que se demuestra en esta última década. Donde los trabajos científicos dedicados a este ámbito se han septuplicado, demostrando así la importancia que tiene el tema estos últimos años en el sector de las energías renovables.

A partir del 2010 (Callavaro, 2010) evaluó los procesos de producción de células solares fotovoltaicas de capa delgada usando el método ELECTRE III. Ese mismo año (Barin et al., 2011) utiliza el método AHP difuso para evaluar la celda fotovoltaica más adecuada teniendo en cuenta aspectos sociales, económicos y ambientales

En 2011 (Siskos & Houridis, 2011) implementa el método ELECTRE I para ayudar a los inversores en energía fotovoltaica a elegir la mejor alternativa. Así mismo en el 2012, (Chatzimouratidis & Pilavachi, 2012) incorpora PROMETHEE II para evaluar las plantas de energía fotovoltaica como mejor opción entre un puñado de centrales eléctricas. En el 2013,

ELECTRE y la metodología rubís la aplica (Oberti et al., 2013) para seleccionar la mejor planta fotovoltaica en la isla de Córcega.

En 2014 (Datta et al., 2014) sugiere un método de detección de islas adecuado para la aplicación del sistema fotovoltaico solar conectado a red con el método TOPSIS. Mediante la combinación de diferentes métodos de decisión multi-criterio (Goe et al., 2015) desarrolla un modelo de configuración de infraestructura de emplazamiento y residuos para informar de la gestión y recuperación de la energía fotovoltaica al final de su vida útil.

En (Al Garni et al., 2016) se propone el método AHP para evaluar cinco fuentes de energía renovables entre ellas la fotovoltaica utilizando criterios técnicos, sociopolíticos, económicos y ambientales. El año 2017 es el año que se publica el mayor número de trabajos que combinan la decisión multi-criterio y la energía fotovoltaica en esta última década, (Liu et al., 2017) aplica el método híbrido ANP-VIKOR para determinar la mejor ubicación de una planta fotovoltaica. Ese mismo año (Hsueh & Lin, 2017) combinan AHP-TOPSIS para evaluar las tecnologías óptimas en la industria fotovoltaica.

Finalmente, en 2018 (Li et al., 2018) propone el método TODIM (Toma de decisiones interactiva y multi-criterio) para evaluar la sostenibilidad de los proveedores de módulos fotovoltaicos. En lo que va del 2019 se han publicado más de 7 documentos (Wang et al., 2019) desarrolla un marco integral para la priorización de la sostenibilidad de los sistemas de energía distribuida bajo incertidumbres incluyendo sistemas fotovoltaicos aplicando los métodos DEMATEL y VIKOR.

En este mismo contexto España tiene una aportación de alta relevancia ya que de los 65 documentos encontrados 14 son de origen español, siendo España en Scopus el país con el mayor número de publicaciones correspondientes a este tema en la última década.

En 2010 (Aragones-Beltran et al., 2010) aplica ANP para seleccionar el mejor proyecto fotovoltaico. En 2011 (San Cristóbal, 2011) aplica AHP-VIKOR en la selección de un proyecto de energía renovable correspondiente al Plan de Energía Renovable lanzado por el gobierno de España.

En (García-Cascales et al., 2012) se realiza un estudio y análisis de los criterios de decisión que se utilizaran al buscar la mejor célula fotovoltaica utilizando el método TOPSIS difuso. A partir del 2014 se incrementa el interés en el tema y más concretamente en el sur de España, (Cabello et al., 2014) determina la combinación óptima del mix energético en Andalucía a partir de ocho sistemas de generación que incluye la fotovoltaica y (Sánchez-Lozano et al., 2014) Evalúa las mejores ubicaciones de plantas solares fotovoltaicas basadas en SIG mediante ELECTRE-TRI en Murcia.

En 2015 (Roa-Escalante et al., 2015) evalúa los efectos de la inyección de electricidad fotovoltaica en micro redes combinando sistemas de información geográfica, el método AHP-TOPSIS y modelado de control electrónico. (García-Bernabeu et al., 2016) propone un modelo de programación de compromiso para ayudar a los inversionistas a decidir si construirán plantas de energía fotovoltaica en el oeste de España.

La metodología Fuzzy AHP-TOPSIS la aplica (Campos-Guzman et al., 2017) para seleccionar el sistema de electrificación más apropiado para el suministro eléctrico de una zona aislada en México. (Guerrero-Liquet et al, 2018) aplica ANP-TOPSIS para obtener el dimensionamiento óptimo de una instalación fotovoltaica conectada a red. Finalmente (Domenech et al., 2019) ayuda a los desarrolladores de proyectos a diseñar un sistema de electrificación autónoma eólica-fotovoltaica basado en el proceso analítico jerárquico para asignar ponderaciones a los criterios que reflejen las preferencias del usuario final.

Esta revisión de las aplicaciones de las metodologías de decisión multi-criterio en el ámbito de las instalaciones solares fotovoltaicas demuestra su gran utilidad e interés en la comunidad científica. A continuación, vamos a describir los diferentes métodos de decisión multi-criterio utilizados en la tesis.

3.2 Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

Entre los posibles métodos conocidos por su simplicidad y robustez destaca el método AHP desarrollado por (Saaty, 1980). Este método se basa en la idea de que la complejidad inherente a un problema de toma de decisión con criterios múltiples, se puede resolver mediante la jerarquización de los problemas planteados, de manera que le permita al decisor estructurar el problema de forma visual (Aragones-Beltran et al., 2014).

El método AHP propone una manera de ordenar el pensamiento analítico, de la 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.

Mediante esta metodología, el problema es modelado a través de una estructura jerárquica, utiliza escala de prioridades basada en la preferencia de un elemento sobre otro, sintetiza los juicios emitidos y proporciona un ranking u ordenamiento de las alternativas de acuerdo a los pesos obtenidos (Arancibia et al, 2003).

El diseño de las jerarquías es el que vemos en la figura 3.1, requiere experiencia y conocimiento del problema que se plantea, para la cual es indispensable disponer de toda la información necesaria.

Figura 3.1: Modelo jerárquico del planteamiento de AHP, Fuente: (Saaty, 1980)

A partir de 1990 (Saaty, 1994), indica los axiomas básicos en los que se basa este método:

- **Axioma de reciprocidad:** El decisor debe ser capaz de realizar comparaciones y establecer la fuerza de sus preferencias. La intensidad de estas preferencias debe satisfacer la condición recíproca de que, si A es x veces más preferido que B, entonces B es $1/x$ veces más preferido que A.
- **Axioma de homogeneidad:** Las preferencias se representan por medio de una escala limitada.
- **Axioma de dependencia:** Cuando se expresan preferencias, se asume que los criterios son independientes entre sí y de las propiedades de las alternativas.
- **Axioma de las expectativas:** Para el propósito de la toma de una decisión, se asume que la jerarquía es completa.

Saaty en 1995 advierte que la técnica AHP organiza los sentimientos, la intuición, la lógica en un enfoque estructurado para la toma de decisiones. (Saaty, 2005) establece que la asunción básica del AHP es que el ser humano hace comparaciones entre objetos en su vida diaria en una escala y que son necesarias una cantidad igual a $n(n-1)/2$ comparaciones para definir completamente un problema con n igual al número de alternativas.

Los pasos de ejecución del método AHP son (Saaty, 1980):

- Modelación del problema de decisión como una jerarquía.
- Valoración y establecimiento de las prioridades entre criterios.
- Establecimiento de las propiedades locales y globales entre los sub-criterios.
- Establecimiento de las propiedades locales entre las alternativas.
- Establecimiento de las prioridades totales asociadas a cada alternativa.
- Análisis de Sensibilidad

El problema se modela a través de una estructura jerárquica, utilizando escalas de importancia basadas en la preferencia de un elemento sobre otro (tabla 3.1). Como resultado, proporciona coeficientes de importancia (Arancibia et al, 2003). Se establecen los objetivos, criterios y alternativas, el modelo debe representar todos los elementos que están inmersos en la situación de decisión.

Juicios verbales de preferencias entre el criterio i y el criterio j	Calificación Numérica
<i>Ci y Cj es igualmente importante</i>	1
<i>Ci es un poco más importante que Cj</i>	3
<i>Ci es mucho más importante que Cj.</i>	5
<i>Ci es mucho más importante que Cj.</i>	7
<i>Ci es extremadamente más importante que Cj.</i>	9
<i>Valores intermedios</i>	2,4,6,8

Fuente: Saaty, 1980

Tabla 3.1: La escala de preferencias de Saaty en el proceso de comparación por pares.

Para obtener la evaluación y el establecimiento de prioridades entre los criterios, se debe capturar las preferencias del tomador de decisiones a través de la construcción de matrices pareadas, determinadas por las $n(n-1)/2$ comparaciones necesarias. Estos criterios deben ser independientes entre sí, es decir no deben darse relación de interdependencia entre ellos, ni entre las alternativas.

El objetivo es obtener un vector de ponderaciones que determine la importancia relativa de cada criterio. Cuando se le pide al tomador de decisiones que establezca prioridades mediante una comparación pareada para determinar los pesos relativos de los criterios, lo que hace es construir una matriz R , que, dada la entrada r_{ij} que representa la importancia relativa de C_i sobre C_j , se verifica que la importancia de C_j sobre C_i es $1/r_{ij}$.

$$R = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & 1 & \cdots & r_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad \boxed{r_{ij} \cdot r_{ji} = 1} \quad (1)$$

CAPITULO 3.2. PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO (AHP)

Para las matrices reciprocas se cumple que el autovalor máximo $\lambda_{\max}$. Es un número real positivo y que existe asociado un vector propio, cuyas componentes son también positivas. Uno de los problemas que pueden aparecer en AHP es el de la inconsistencia, para ello se define (Ratio de Consistencia, CR) (Saaty, 1980):

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

Donde CI es el Índice de Consistencia

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

El RI es el Índice de Consistencia Aleatorio se define como el índice de consistencia aleatorio medio obtenido mediante simulación (Alonso & Lamata, 2004) (Alonso & Lamata, 2006) (tabla 3.2).

	1-2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.5247	0.8816	1.1086	1.2479	1.3417	1.4057	1.4499	1.4854

Fuente: Alonso & Lamata, 2006

Tabla 3.2: Índice aleatorio para diferentes órdenes matriciales.

Obtenido el peso de los criterios, se procede a valorar las alternativas para así poder calcular las prioridades locales, por eso con cada criterio del último nivel de la jerarquía se plantea la matriz R de juicios por comparación pareadas de alternativas, con respecto a cada uno de los criterios.

El procedimiento es prácticamente el mismo que en el caso anterior, pero en este se establece el nivel de prioridad de una alternativa sobre otra tomando como base de comparación el grado de satisfacción de cada criterio. Calculamos el auto valor máximo de la matriz R , el vector propio asociado y el índice de consistencia de los juicios y si el índice de consistencia es aceptable, se obtiene un vector de peso local para cada alternativa que corresponde con el auto vector calculado.

Al instante de obtener toda la matriz de valoración calculada, vamos a aplicar el método de la suma ponderada que es el que aconseja (Saaty, 1980) para calcular las prioridades totales asociadas a cada alternativa, obteniendo un pre-orden que representa la importancia de las alternativas con respecto a la meta final.

Finalmente, para terminar el método AHP se recomienda realizar un análisis de sensibilidad en el que comprobamos que los resultados obtenidos son claros, fuertes y consistentes. El análisis se agiliza y se hace más fácil si se utilizan herramientas informáticas de cálculos.

El método proporciona un medio eficaz para hacer frente a la toma de decisiones complejas y permite una identificación mejor, más fácil y más eficiente de los criterios de selección.

La fuerza del AHP es su capacidad para capturar ambas medidas subjetivas y objetivas de evaluación, proporcionando un proceso útil para comprobar la consistencia de la evaluación.

Las ventajas que podemos ver en el método Proceso Analítico Jerárquico AHP son:

- La teoría y la práctica utilizada es comprensible y de fácil manejo e integra informes deductivos para resolver problemas complejos.
- Refleja unidad y flexibilidad en el modelo que proporciona el sistema.
- Permite sintetizar el resultado y al mismo tiempo la repetición del proceso de manera ordenada.
- Acompaña al decisor de forma tal que este pueda afinar la definición del problema para que mejore su juicio y obtenga consenso.
- Estima la conveniencia de cada alternativa y permite clasificar los elementos del sistema en diferentes niveles y agruparlos.

Los inconvenientes que tiene el método Proceso Analítico Jerárquico AHP son:

- Asume los criterios con independencia entre sí, es decir exige una independencia en la modelización del análisis.
- No considera relación entre los criterios ni las alternativas esto hace que la forma de evaluar la consistencia de los juicios permitidos no sea precisa.
- La escala que expresa los juicios relativos en las comparaciones pareadas puede hacer cambiar las decisiones.
- No permite valorar criterios cuantitativos de forma numérica.

En esta tesis AHP se combina con diferentes métodos y sirve como herramienta clave para obtener el peso de cada criterio en el proceso de evaluación de juicio que se aplica en la gestión de riesgos de las instalaciones fotovoltaicas. Concretamente se utiliza en el proceso de identificación de riesgos de las instalaciones fotovoltaicas como coeficiente de importancia y en el proceso de evaluación de urgencia en el análisis cualitativo de cada uno de los riesgos en las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red.

3.3 Proceso Analítico en Red (ANP)

Este método fue propuesto igualmente por el profesor Thomas L. Saaty en 1996, (Saaty, 2004) y después fue completamente revisado y editado en el 2001 y el 2005, (Saaty, 2005), al igual que el AHP tiene como objetivo obtener una clasificación de las alternativas del problema de decisión, a partir de comparaciones pareadas entre elementos del modelo.

El método Proceso Analítico en Red (ANP) es la forma general del AHP que se recomienda aplicar cuando el decisor se enfrenta a problemas en los que los elementos están relacionados entre sí, es decir, son interdependientes. ANP es una generalización de la metodología de Proceso Analítico Jerárquico (AHP) por el cual las jerarquías son reemplazadas por las redes para capturar los resultados de la dependencia y la retroalimentación dentro y entre los elementos (Tavana et al., 2013).

La mayor diferencia entre ambas metodologías es que ANP permite incluir relaciones de interdependencia y realimentación entre elementos del sistema, en él no es necesario establecer diferentes niveles ya que, permite obtener una representación del problema de decisión en un entorno complejo.

Mientras en AHP se aplica un procedimiento de agregación de pesos de tipo aditivo, como puede ser el método de la suma ponderada, a partir de la información recogida en la matriz de valoración o decisión, en ANP, en cambio, se aplican algoritmos de cálculo más complejos sobre la supermatriz para obtener las prioridades totales de todos los elementos de la red y en particular de las alternativas.

Este nuevo concepto es una matriz bidimensional de elementos por elementos, la cual recoge los vectores de pesos de influencia relativa entre elementos calculados a partir de matrices de comparación pareada. Este método está dividido en dos partes. La primera es un control de jerarquía o de red de objetivos y criterios que controlan las interacciones del sistema objeto de estudio. La segunda corresponde a las diferentes sub-redes que pertenecen a cada criterio (Shafiee, 2015).

Esta red capta la influencia de elementos en el sistema de retroalimentación con respecto a cada uno de los criterios. Los pesos de importancia de estos criterios se obtienen a través de los juicios de comparación pareadas de elementos homogéneos. ANP combina todos los resultados posibles en la estimación de la influencia relativa de los diferentes criterios de los que derivan las prioridades generales (Tavana et al., 2013).

En ANP el problema de decisión se estructura a partir de una red para hacer frente a la decisión sin hacer suposiciones sobre la independencia de los elementos de mayor nivel a partir de elementos de nivel inferior. Proceso Analítico en red (ANP) es una teoría general en la escala de

índices que mide la influencia, sobre la base de una metodología que se ocupa de la dependencia y la retroalimentación. Muchos métodos MDMC tradicionales se basan en el supuesto de independencia. Sin embargo, en muchas situaciones, las relaciones entre los criterios individuales no son completamente independientes (Cheng-Shiung et al., 2010).

Es un modelo en red formado por elementos o nodos o lo que es lo mismo alternativas o criterios que están agrupados en grupos o clúster, mínimo un componente de criterios o uno de alternativas (tabla 3.3).

Elementos (nodos)	Alternativas
	Criterios
Grupo (clúster)	Agrupación de elementos para características común
Objetivo del problema	Determinar la mejor alternativa

Fuente: Saaty, 2004

Tabla 3.3: Terminología de ANP

Un nodo representa un componente (o clúster) con los elementos dentro de él; una línea recta o un arco marca las interacciones entre los dos componentes; y un bucle indica la dependencia interna de elementos dentro de un componente (Büyükoçkan & Çifçi, 2012).

ANP produce ponderación más precisa de criterios, ya que permite la consideración de la dependencia entre los factores en los problemas de toma de decisiones. Desafortunadamente, ANP requiere muchas comparaciones por pares en función del número y la interdependencia de los factores y alternativas. ANP es una técnica de toma de decisiones integral que captura el resultado de la dependencia entre los criterios.

AHP sirve como un punto de partida para ANP. Las prioridades se establecen de la misma manera que se encuentren en AHP usando comparaciones por pares. El peso asignado a cada perspectiva y criterio puede ser estimado ya sea a partir de los datos, o subjetivamente por los tomadores de decisiones.

Para completar las entradas de las matrices de comparación pareada se utiliza también la escala fundamental de Saaty, pero en términos de influencia, y para verificar la consistencia de dichas matrices se sigue aplicando el concepto de ratio de consistencia (CR).

Asimismo, el método, tiene la capacidad para clasificar y mejorar la importancia de los criterios identificados por los sistemas, es decir, el método ANP puede ser utilizado en el enfoque sistemático para la resolución de problemas, en lugar de hacer frente a los sistemas del problema, y puede ser la identificación de la fuentes del problema, es decir, se pueden evitar "salir del paso poco a poco" (Chang et al., 2015).

Uno de los principales inconvenientes del método tradicional de ANP se produce cuando el cálculo de los coeficientes relativos de criterios/grupos: interdependencias entre los factores se tratan como valores recíprocos.

Además de esta limitación del método ANP, uno de los principales problemas que se encuentran los que toman las decisiones es la red de relaciones de mapeo. La creación del mapa relación de red es una fase muy importante para la creación del modelo de ANP, ya que representa las relaciones entre los criterios/clúster (Dimic et al., 2016).

El modelo ANP consta de tres elementos: (1) objetivo de la selección de la mejor alternativa, (2) los criterios y sub-criterios del modelo, y (3) alternativas (Mortezaa et al., 2016). El método ANP según indicó Saaty en el 2001, consta de los siete pasos siguientes:

1. Modelar el problema de decisión como una red, lo cual implica identificar los elementos de la red (criterios y alternativas), agruparlos en componentes y determinar las relaciones de interdependencia entre ellos.
2. Realizar comparaciones pareadas entre elementos.
3. Construir la denominada supermatriz no ponderada con los vectores de pesos de importancia relativa de los elementos.
4. Realizar comparaciones pareadas entre componentes.
5. Ponderar los bloques de la supermatriz no ponderada, mediante los pesos correspondientes de los componentes, para transformarla en la supermatriz ponderada.
6. Si es necesario, normalizar la supermatriz ponderada, dividiendo cada valor por la suma de las columnas con el objetivo de obtener una matriz estocástica por columnas, es decir, cuyas columnas sumen la unidad (supermatriz ponderada estocástica).
7. Elevar la supermatriz ponderada a potencias sucesivas hasta que sus entradas converjan y permanezcan estables (supermatriz límite).

La realización de este análisis puede facilitarse y agilizarse si se emplea para ello un software de cálculo. El programa informático *Superdecisions*® (<http://www.superdecisions.com>), por el momento el único software que implementa la metodología ANP. El software de Superdecisiones puede ser utilizado para realizar matrices de cálculo y resolver los problemas de ANP (Tavana et al., 2013).

Mientras que el ANP y el AHP se basan en preferencias proporcionados por el usuario entre los factores y proporcionan pesos de utilidad para las alternativas, se diferencian uno de otro en el número y tipo de comparaciones, y también en la manera en que los pesos de utilidad son en realidad computarizados (Nedjati & Izbirak, 2013).

Ventajas que tiene el ANP con respecto al AHP:

- No se restringe a ordenar los elementos en una jerarquía lo que lo hace más flexible y creativo.
- El modelo se aproxima más a la realidad y a la vez da mayor seguridad, es más preciso.
- El ANP permite recoger relaciones de interdependencia y realimentación entre los elementos del sistema, lo que lo convierte en una herramienta muy potente.
- ANP puede manejar diferentes naturalezas de criterios o elementos y puede trabajar en procesos de decisión multiexperto.
- Los resultados son más claros y los objetivos mejor valorados a la hora de obtener el mejor resultado.

ANP presenta algunos inconvenientes con respecto al AHP que son:

- La cantidad de preguntas a realizar a los decisores con respecto a la comparación pareada entre los criterios son muchas.
- El problema es más complejo que el AHP y requiere mayor cantidad de cálculos.
- Se invierte más tiempo y esfuerzo con el ANP en la determinación de las variables del sistema y de sus relaciones, así como en la obtención de las prioridades globales de las alternativas.
- Complejidad en el tiempo disponible para tomar la decisión.

En esta tesis el método ANP sirve para obtener el peso de los criterios combinando todos los resultados posibles en la estimación de la influencia relativa que se derivan las prioridades generales. Concretamente se utiliza en la obtención del peso de los criterios y sub-criterios del tamaño óptimo de las instalaciones fotovoltaicas y en el proceso de evaluación de juicio para obtener los pesos e interdependencia de los riesgos en el análisis cuantitativo de las instalaciones fotovoltaicas.

3.4 Método TOPSIS

La Técnica para el Orden de Preferencia por Similitud a la Solución Ideal (TOPSIS), es uno de los métodos más clásicos para la resolución de problemas con decisión multi-criterio, fue desarrollado por primera vez por (Hwang & Yoon, 1981), recibiendo posteriormente aportes de (Zeleny, 1982).

Después fue mejorada por los propios autores en 1987 y más tarde por (Lai et al, 1994) en 1993. Es la denominada metodología de programación por compromisos. Las soluciones así identificadas se denominan soluciones de compromiso y constituyen el conjunto de compromiso.

El método TOPSIS es un modelo de decisión propuesto para clasificar las preferencias por similitud con una solución ideal. El principio básico del método consiste en la búsqueda de una alternativa cuya distancia de la solución ideal positiva es menor y cuya distancia de la solución ideal negativa es mayor (Sánchez-Lozano J.M et al, 2015). Esta característica de consistencia es muy apreciada en aplicaciones prácticas.

El objetivo es proponer una solución que tiene la distancia más corta de la solución ideal en el espacio euclidiano (desde un punto de vista geométrico). A veces, la solución seleccionada que tiene la distancia mínima euclidiana de la solución ideal también puede tener una corta distancia de la solución ideal negativa en comparación con otras alternativas (Shanian & Savadogo, 2006). TOPSIS afronta el dilema de utilizar la alternativa ideal, la alternativa anti-ideal o una mezcla de ambas. A modo ilustrativo se representa tal dilema en la figura 3.2.

Figura 3.2: Alternativa ideal vs alternativa no ideal, Fuente: (Cables, E. et al, 2012)

En la figura se representan cinco alternativas (A , B , C , D y E) para un problema de dos criterios, se observa que mientras que la alternativa C es la más próxima al ideal, las alternativas B y D son las más alejadas del anti-ideal. Por tanto, según se decida si se aproxima al ideal o se aleja del anti-ideal se obtendrá una solución u otra.

Este método es relativamente simple y rápido, con un procedimiento sistemático. La idea básica de TOPSIS es que la mejor decisión debe ser la más cercano al ideal y más alejado de la no ideal. El proceso de cálculo se presenta de la siguiente manera (Shyur, 2006):

- Paso 1: Establecer una matriz de decisión
- Paso 2. Normalizar la matriz de decisión
- Paso 3. Calcular la matriz de decisión ponderada normalizada
- Paso 4. Determinar la solución ideal positiva (PIS) e ideal negativa (NIS)
- Paso 5. Calcular las distancias de separación de cada alternativa al PIS y al NIS

- Paso 6. Calcular la proximidad relativa a la solución ideal
- Paso 7. Obtener el rango o ranking en el orden de preferencia de las alternativas.

En TOPSIS, el peso de cada uno de los criterios se debe conocer o asignar a priori. Sin embargo, en muchas situaciones reales de datos claros son inadecuados para modelar situaciones de la vida real, ya que el juicio humano es vago y no puede ser estimado con los valores numéricos exactos (Singh & Benyoucef, 2011). La solución positiva-ideal es una solución que maximiza los criterios de prestaciones y minimiza los criterios de coste, mientras que la solución ideal negativa maximiza los criterios de coste y minimiza los criterios de prestaciones (Sakthivel G et al, 2015).

Una ventaja relativa de TOPSIS es su capacidad para identificar la mejor alternativa rápidamente. Un problema del método TOPSIS es la necesidad de la medición precisa de los pesos de los criterios. Sin embargo, en muchos problemas, las clasificaciones y los pesos del mundo real no puede ser medida con precisión, ya que algunos decisores pueden expresar sus juicios en términos cualitativos (Tavana et al., 2013).

Algunas cualidades por las que TOPSIS es muy utilizado son: la lógica es racional y comprensible; los procesos de cálculo son sencillos; el método permite la búsqueda de mejores alternativas para cada criterio expuesto en una forma matemática simple, y los pesos de importancia están incorporados en los procedimientos de comparación (Wua et al., 2010).

Las siguientes características del método TOPSIS lo convierten en un método apropiado, que tiene un buen potencial para la resolución de problemas (Shanian & Savadogo, 2006):

- Se puede incluir una gama ilimitada de propiedades y atributos de rendimiento.
- Se puede realizar una clasificación preferencial de las alternativas con un valor numérico que proporciona una mejor comprensión de las diferencias y similitudes entre las alternativas, mientras que otras técnicas (tales como los métodos ELECTRE) solamente determinar el rango de criterio.
- Se evitan las comparaciones por pares, requeridos por métodos tales como el proceso analítico jerárquico (AHP). Esto es particularmente útil cuando se trata de un gran número de alternativas y criterios.
- Se puede incluir un conjunto de coeficientes de ponderación de los diferentes atributos.
- Es relativamente sencillo y rápido, con un procedimiento sistemático.
- El rango de inversión es insensible al número de alternativas

Las desventajas que tiene el método TOPSIS son:

- Sufre el problema inherente de asignar preferencias subjetivas confiables para los criterios.
- Muestra un desempeño pobre cuando hay un número muy limitado de atributos.

En esta tesis el método TOPSIS se combina con ANP para eliminar muchos de los procedimientos que se realizan en ANP y permite que el sistema pueda llegar a una solución en un tiempo más reducido. Concretamente se utiliza para obtener la valoración de las alternativas del tamaño óptimo de las instalaciones fotovoltaicas y en el proceso de evaluación de juicio en el análisis cuantitativo de las instalaciones fotovoltaicas.

3.5 Método híbrido ANP-TOPSIS

Al combinar ANP-TOPSIS es posible eliminar muchos de los procedimientos del proceso analítico en red ANP. Los cálculos y las comparaciones por pares adicionales se evitan al clasificar las alternativas (Chang et al., 2015).

Debido a los criterios interdependientes, ANP se aplica para generar las ponderaciones de los criterios y TOPSIS se utiliza para clasificar las alternativas. TOPSIS elimina muchos de los procedimientos que se realizan en el ANP y permite que el sistema pueda llegar a una conclusión en un tiempo más corto (Chang et al., 2015).

La combinación de estos dos métodos proporciona la capacidad de manejar múltiples problemas de criterio con innumerables expertos. Se obtiene la influencia de los criterios y la evaluación de las alternativas teniendo en cuenta las relaciones binarias y el tipo de preferencia.

En la literatura, no hemos encontrado ningún trabajo que utilice técnicas ANP y TOPSIS en conjunto para resolver problemas en el campo de la energía solar fotovoltaica. La razón podría ser debido al hecho de que la metodología ANP ha sido recientemente introducida en el ámbito de la metodología multi-criterio (Ayağ Z & Özdemir R.G. 2012). Sin embargo, existen algunos estudios realizados en otros ámbitos en los que ambas técnicas han sido combinadas (tabla 3.4).

Como se muestra en la tabla varios estudios han utilizado el ANP-TOPSIS híbrido para evaluar problemas relacionados con las energías renovables, por ejemplo, evaluación de riesgos para centrales eléctricas (Zegordi et al., 2012).

También evaluación de diferentes mezclas de biodiesel para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un motor (Sakthivel G et al, 2015) o enfoques globales para la planificación de sistemas energéticos completos a nivel de país (Evural et al., 2018).

Autor	Año	Revista	Titulo de la publicación
Shyur Huan-Jyh	2006	Applied Mathematics and Computation	COTS evaluation using modified TOPSIS and ANP
Chen Jui-Kuei, Shuo Chen I.	2010	Expert Systems with Applications	Using a novel conjunctive MCDM approach based on DEMATEL, fuzzy ANP, and TOPSIS as an innovation support system for Taiwanese higher education
Cheng-Shiung, W. Chin-Tsai, L. Chuan, L.	2010	International Journal of Production Economics	Optimal marketing strategy: A decision-making with ANP and TOPSIS
Azimi Reza et al.	2011	Journal of Business Economics and Management	Ranking the strategies of mining sector through ANP and TOPSISs in a SWOT framework
Ayağ Z, Özdemir R.G.	2012	International Journal of Production Economics	Evaluating machine tool alternatives through modified TOPSIS and alpha-cut based fuzzy ANP
Büyükoçkan G, Çifçi G.	2012	Expert Systems with Applications	A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers
Zegordi S. H. Nik E. Rezaee, Nazari A.	2012	International Journal of Engineering	Power Plant Project Risk Assessment Using a Fuzzy-ANP and Fuzzy-TOPSIS Method
Tavana M, Zandi F, Katehakis Michael N.	2013	Information & Management	Hybrid fuzzy group ANP–TOPSIS framework for assessment of e-government readiness from a CiRM perspective
Sakthivel G, Ilankumaran M, Gaikwada A.	2015	Shams Engineering Journal	A hybrid multi-criteria decision modelling approach for the best biodiesel blend selection based on ANP-TOPSIS analysis
Chang K.L. Liao Sen-Kuei, Tseng Tzeng-Wei, Liao Chi-Yi	2015	Asia Pacific Management Review	An ANP based TOPSIS approach for Taiwanese service apartment location selection
Morteza Z et al.	2016	Ocean & Coastal Management	Selection of the optimal tourism site using the ANP and fuzzy TOPSIS in the framework of Integrated Coastal Zone Management: A case of Qeshm Island
Sakthivel G, Ilankumaran M, Gaikwada A.	2016	International Journal of Green Energy	Selection of optimum fish oil fuel blend to reduce the greenhouse gas emissions in an IC engine—A hybrid multiple criteria decision aid approach
Cayir Ervural Beyzanur et al.	2018	Renewable and Sustainable Energy Reviews	An ANP and fuzzy TOPSIS-based SWOT analysis for Turkey's energy planning

Tabla 3.4: Publicaciones enfocadas en ANP-TOPSIS.

El procedimiento de evaluación de ANP-TOPSIS consta de las fases, que se muestran en la figura 3.3. El primer paso es identificar los múltiples criterios que se consideran en el proceso de toma de decisiones. En el segundo paso los expertos determinan la influencia relativa entre los diferentes criterios al evaluar el grado de interdependencia.

Figura 3.3: Representación esquemática de las fases de la metodología combinada ANP-TOPSIS,

Fuente: Elaboración propia

Después de construir la red de dependencia, los pesos relativos de los diferentes criterios se calculan con ANP. Finalmente, se aplica TOPSIS completamente para proporcionar una clasificación de las alternativas (Shyur, 2006).

Concretamente la metodología ANP-TOPSIS está compuesta por diez pasos que se muestran en la figura 3.4. A continuación se describen de forma detallada cada uno de estos pasos:

- **Paso 1: Construir la red y la estructura del problema:**

La red estará determinada por la opinión del panel de decisión a través del intercambio de ideas u otros métodos apropiados, como las revisiones de la literatura.

Figura 3.4: Los diez pasos para implementar la metodología combinada ANP-TOPSIS, Fuente:
(Elaboración propia)

Los elementos de la red (criterios, sub-criterios y alternativas) se identifican y agrupan. Entonces la red de influencias se crea a través de la matriz de dominación de interacción:

		C_j			
		e_{j1}	e_{j2}	...	e_{jn_j}
C_i	e_{i1}	$a_{i1,j1}$	$a_{i1,j2}$	...	a_{i1,jn_j}
	e_{i2}	$a_{i2,j1}$	$a_{i2,j2}$	...	a_{i2,jn_j}
	...	...	...	...	...
	e_{in_i}	$a_{in_i,j1}$	$a_{in_i,j2}$	...	a_{in_i,jn_j}

(4)

Donde $a_{ii, jj}$ representa: influencia del elemento e_{ii} en el elemento e_{jj} , $A_{ii, jj} = 1$ donde e_{ii} influencia en el e_{jj} , $A_{ii, jj} = 0$ donde e_{ii} no influye en el e_{jj} .

- **Paso 2: Determinar la influencia y el peso de los criterios:**

Las prioridades de los criterios se calculan a partir de la matriz de comparación pareada según la interdependencia identificada, con una escala de 1 a 9 (Saaty, 2001). Donde 1 representa la indiferencia entre los dos criterios y 9 significa que el criterio considerado es extremadamente importante o influyente para el criterio comparado. Primero se calculan las prioridades de influencia:

e_{11}	e_{21}	e_{23}	e_{24}
e_{21}	1	r_{12}	r_{13}
e_{23}	$1/r_{12}$	1	r_{23}
e_{24}	$1/r_{13}$	$1/r_{23}$	1

(5)

En segundo lugar, se calculan las prioridades de importancia de los criterios y sub-criterios:

$$w_n = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & 1 & \cdots & r_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad \boxed{r_{ij} \cdot r_{ji} = 1} \quad (6)$$

En este paso es posible medir la consistencia de los juicios de quienes toman las decisiones. ANP proporciona una medida a través de la relación de consistencia (CR), que es un indicador de la confiabilidad del modelo (Alonso & Lamata, 2006).

- **Paso 3: Obtener las prioridades de interdependencia de los criterios:**

La importancia relativa de los criterios que consideran la interdependencia se obtiene sintetizando los resultados de las prioridades de la siguiente manera (Shafiee, 2015):

$$w_c = \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \cdots \\ C_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & e_{12} & \cdots & e_{1n} \\ e_{21} & 1 & \cdots & e_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ e_{n1} & e_{n2} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdots \\ w_n \end{pmatrix} \quad (7)$$

- **Paso 4: Establecer la matriz de decisión:**

Establecer una matriz de decisión para el rendimiento alternativo. La estructura de la matriz se expresa de la siguiente manera:

	w_{c1}	w_{c2}	$\dots$	w_{cj}	$\dots$	w_{cn}
	C_1	C_2	$\dots$	C_j	$\dots$	C_n
A_1	x_{11}	x_{12}	$\dots$	x_{1j}	$\dots$	x_{1n}
A_2	x_{21}	x_{22}	$\dots$	x_{2j}	$\dots$	x_{2n}
$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
A_m	x_{m1}	x_{m2}	$\dots$	x_{mj}	$\dots$	x_{mn}

(8)

Donde x_{ij} representa el valor de la alternativa A_i con respecto al criterio C_j y, $W = [w_{c1}, w_{c2}, \dots, w_{cn}]$ es el vector de ponderaciones asociadas con los criterios.

- **Paso 5: Normalizar la matriz de decisión:**

Se obtiene la matriz de decisión normalizada asociada. Para esto, los valores de cada criterio están divididos por la norma de manera que la escala sea la misma para todos los criterios.

$$\bar{n}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{ij})^2}} \quad j=1,2,\dots,n ; i=1,2,\dots,m \quad (9)$$

- **Paso 6: Calcular la matriz ponderada normalizada:**

Cada valor normalizado ponderado de la matriz se calcula como el producto entre cada w_j para cada ij como se expresa en (10).

$$\bar{v}_{ij} = w_j \cdot x_{ij} \quad j=1,2,\dots,n ; i=1,2,\dots,m \quad (10)$$

- **Paso 7: Determine las soluciones ideales óptimas positivas y negativas (PIS y NIS) respectivamente:**

$$\bar{A}^+ = \{\bar{v}_1^+, \dots, \bar{v}_n^+\} = \left\{ \left(\max_i \bar{v}_{ij}, j \in J \right) \left(\min_i \bar{v}_{ij}, j \in J' \right) \right\} \text{ For } j, i=1,2,\dots,m \quad (11)$$

$$\bar{A}^- = \{\bar{v}_1^-, \dots, \bar{v}_n^-\} = \left\{ \left(\min_i \bar{v}_{ij}, j \in J \right) \left(\max_i \bar{v}_{ij}, j \in J' \right) \right\} \text{ For } j, i=1,2,\dots,m \quad (12)$$

Donde J está asociado con los criterios que indican las ganancias o beneficios y J' está asociado con los criterios que indican los costes o pérdidas.

- **Paso 8: Calcular las distancias de separación de cada alternativa a la solución ideal positiva y a la solución ideal negativa:**

$$\bar{d}_i^+ = \left\{ \sum_{j=1}^n (\bar{v}_{ij} - \bar{v}_j^+)^2 \right\}^{1/2} \text{ For } i=1,2,\dots,m \quad (13)$$

$$\bar{d}_i^- = \left\{ \sum_{j=1}^n (\bar{v}_{ij} - \bar{v}_j^-)^2 \right\}^{1/2} \text{ For } i=1,2,\dots,m \quad (14)$$

- **Paso 9: Calcular la proximidad relativa a la solución ideal:**

$$\bar{R}_i = \frac{\bar{d}_i^-}{\bar{d}_i^+ + \bar{d}_i^-}, i=1,2,\dots,m \quad (15)$$

Donde el valor de $R_i = 1$ está entre 0 y 1. Cuanto más cerca del valor de $R_i = 1$ es 1, mayor es la prioridad de la i-ésima alternativa.

- **Paso 10: Obtener el orden de preferencias de las alternativas:**

Clasifica las mejores alternativas según R_i en orden descendente.

Según nuestro conocimiento este método híbrido, no se ha utilizado anteriormente en estudios de sistemas fotovoltaicos, por esta razón esta tesis incluye la presentación detallada de esta metodología. Este método se aplica con el objetivo de demostrar la aplicabilidad en instalaciones fotovoltaicas combinando con información técnica cuantitativa y cualitativa que permite obtener un resultado claro destinado a aumentar los beneficios socioeconómicos en el proceso de optimización y gestión en las instalaciones fotovoltaicas.

Concretamente se utiliza para determinar la escala óptima del sistema de energía fotovoltaica y como herramienta en el proceso de evaluación de juicio del análisis cuantitativo de los riesgos en las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red.

Capítulo 4

4. OPTIMIZACIÓN DEL TAMAÑO DE ISF CONECTADA A RED

En este capítulo se analiza la problemática del tamaño óptimo de las instalaciones solares fotovoltaicas (ISF) conectadas a red; el tamaño, como punto de partida del análisis, está condicionado para sumar un total de 1 GW de capacidad instalada (potencia máxima en condiciones estándar) y para realizarlo se tienen en cuenta los diferentes impactos socioeconómicos que intervienen (empleo generado, desarrollo económico, precio del suelo, tejido industrial etc.).

El estudio se aplica en el entorno de la generación distribuida de energía, se utilizan métodos de toma de decisiones de multi-criterio (ANP y TOPSIS) en combinación con datos técnicos para proporcionar información a las partes interesadas sobre los impactos socioeconómicos en el tamaño de los sistemas distribuidos de energía solar fotovoltaica. De esta forma se analiza los beneficios socioeconómicos del tamaño óptimo a partir de las respuestas de un grupo de expertos a un cuestionario detallado.

4.1	Sistemas de generación distribuida.....	76
4.2	Evaluación del tamaño óptimo de las ISF distribuidas.....	86
4.3	Resultado del tamaño óptimo de las ISF distribuidas	102

4.1 Sistemas de generación distribuida

Durante muchos años, los países industrializados han generado electricidad en grandes instalaciones centralizadas. La actividad de producción de energía eléctrica se ha caracterizado por un esquema de generación centralizada, unidireccional y complementada con medidas de incentivo y control sobre la actuación de la demanda (Ackermann et al, 2001).

Sin embargo, estas instalaciones de energía conectadas a la red pueden crear problemas técnicos y de seguridad. Con el fin de mejorar las prestaciones, la fiabilidad de la red, la ubicación y el tamaño estas instalaciones deben planificarse de manera óptima en un sistema de generación distribuida.

La generación distribuida es cualquier fuente de energía eléctrica de capacidad limitada, conectada directamente a la red donde la energía es consumida por los usuarios finales. Ésta puede conectarse directamente a la red de distribución o bien al propio contador del usuario (Ackermann et al, 2001).

El Consejo Internacional de Grandes Sistemas Eléctricos (CIGRE) define la generación distribuida, como las unidades de generación con una capacidad máxima del orden de escasos kW a 100 MW los cuales, por lo general están conectados a la red de distribución y no son diseñados centralmente (Prakash & Khatod, 2016). También la generación distribuida se puede definir como la generación de energía por unidades de pequeña escala que se instalan en los sistemas de distribución (Rezaee, 2016).

El objetivo principal de la red de distribución es proporcionar un servicio fiable y eficiente para los consumidores al mismo tiempo garantizar que los niveles de tensión y la calidad del suministro estén dentro de los parámetros normales (Bagheri et al, 2015). Tradicionalmente, este objetivo se logra mediante el refuerzo de las líneas y subestaciones existentes, o mediante la instalación de otros nuevos sistemas de generación distribuida.

La generación distribuida puede ser gestionada y coordinada de una forma controlada, ya sea una red de distribución procedente de una central eléctrica o bien funcionando en modo de isla para suministrar energía a los consumidores (Mallikarjun & Lewis, 2014).

Generación distribuida presenta beneficios para el sistema, fundamentalmente en lo relativo a reducción de pérdidas de la red en los supuestos en los que las instalaciones de generación se encuentren cerca de los puntos de consumo, reduciendo de este modo los flujos de energía y suponiendo además una minimización del impacto de las instalaciones eléctricas en su entorno.

En los sistemas de distribución, se puede proporcionar beneficios para los consumidores, así como para los servicios públicos, especialmente en los sitios donde la generación central es impracticable o donde hay deficiencias en el sistema de transmisión (Viral & Khatod, 2012).

La evaluación técnica de una instalación en la red de distribución debe tener en cuenta su impacto en los índices de rendimiento asociados con: pérdidas resistivas, la carga de alimentación y calidad de la energía. Perturbaciones en la calidad de energía pueden provocar el disparo o el funcionamiento inadecuado de los equipos del cliente (Silva et al 2016).

Figura 4.1: Definición grafica del Sistema de Generación Distribuida, Fuente: (Viral & Khatod, 2012)

Recientemente, la generación distribuida ha aumentado considerablemente. Este incremento está motivado por algunos factores tales como las preocupaciones ambientales, la reestructuración de los mercados eléctricos, y la evolución de las tecnologías de generación de energía a pequeña escala (Esmaeili et al, 2016). Además, en las últimas décadas, se ha visto un progreso significativo en el campo de la generación de energía a pequeña escala y en el almacenamiento eléctrico que ha implicado cambios en la forma en que se ha llevado a cabo la generación y distribución de energía eléctrica, revitalizando la idea de generación distribuida.

Por lo tanto, el crecimiento de la generación distribuida es un componente integral de una nueva visión de una “red inteligente” eficaz y con una gran capacidad de respuesta, en la que las acciones de todas las partes interesadas están totalmente integradas (Ruiz-Romero, 2013). Las principales razones por la que se ha extendido el uso de este tipo de sistema son (Viral & Khatod, 2012):

1. Están más cerca de los clientes de manera que los costes de transmisión y distribución se evitan o se reducen.
2. Es más fácil encontrar sitios para pequeños generadores.
3. Por lo general, las plantas requieren tiempos de instalación más cortos y el riesgo de inversión no es tan alto.
4. Las plantas presentan eficiencias medias especialmente en la cogeneración y en ciclos combinados.
5. La liberalización del mercado de la electricidad contribuye a la creación de oportunidades para nuevas empresas de servicios públicos en el sector de generación de energía.
6. Proporciona una forma flexible para elegir una amplia gama de combinaciones de coste y fiabilidad.

Las diferentes tecnologías adoptadas en la generación distribuida comprenden pequeñas turbinas de gas, microturbinas, pilas de combustible, energía eólica, energía solar, biomasa, pequeña energía hidroeléctrica, etc. Se puede utilizar de forma aislada, suministro de la demanda local del consumidor, o de forma integrada, suministro de energía para el resto del sistema eléctrico.

Este tipo de generación de energía eléctrica se lleva a cabo en dos niveles (Viral & Khatod, 2012): el nivel local y el nivel de punto final. Plantas de generación de energía a nivel local a menudo incluyen tecnologías de energía renovable que son específicas del lugar, tales como turbinas eólicas, producción de energía geotérmica, sistemas solares fotovoltaicos y algunas plantas hidro-térmicas.

La generación renovable distribuida siempre ha sido una alternativa atractiva para las zonas rurales donde los costes de transmisión y distribución son elevados. El sistema se está convirtiendo rápidamente en una opción interesante en las regiones con mayor densidad de población, debido a las incertidumbres asociadas con la reestructuración industrial (Viral & Khatod, 2012).

Las tecnologías renovables como los aerogeneradores, paneles solares fotovoltaicos y las micro turbinas hidroeléctricas tienden a ser más pequeñas y menos centralizadas que las plantas tradicionales tales como las centrales de ciclo combinado. También producen con frecuencia más energía y el coste económico es menor.

Expertos en medioambiente e investigadores sugieren que las tecnologías renovables pueden proporcionar ahorros económicos adicionales para la sociedad en comparación con las grandes centrales eléctricas. Por otra parte, estudios recientes han confirmado que los usos generalizados de las tecnologías de la generación renovable distribuida reducen sustancialmente las emisiones de gases de efecto invernadero: un reciente estudio en el Reino Unido indica que las tecnologías de

cogeneración domésticas reducen las emisiones de dióxido de carbono en un 41% (Viral & Khatod, 2012).

Desde el punto de vista de la planificación, el sistema de distribución renovable es una alternativa viable para la nueva capacidad, especialmente en el entorno de mercado competitivo de la electricidad y tiene enormes beneficios tales como (Viral & Khatod, 2012):

- Plazo de ejecución corto y de bajo riesgo de la inversión.
- Un tamaño pequeño que se puede instalar en los centros de carga y no necesita la aprobación del gobierno o buscar territorio útil y disponibilidad de suelo.
- Existencia de una amplia gama de tecnologías de la generación distribuida renovable.
- Mejora la continuidad y la fiabilidad solucionando problemas en la calidad eléctrica.
- Aumenta la eficiencia energética global y mejora el perfil de tensión.
- Reducción en los costes de operación y mantenimiento de algunas tecnologías.
- Menores costes de operación debido a la neutralización de picos de tensión.
- Ayuda a aumentar la diversidad en la fuente de energía.

Sin embargo, cuando la penetración se hace de forma descontrolada, la dinámica del sistema puede verse afectada, en ese sentido la generación distribuida renovable presenta los siguientes problemas y limitaciones (Viral & Khatod, 2012):

- Aumento de las corrientes de defecto dependiendo de la ubicación del sistema.
- Alto coste de generación renovable fotovoltaica distribuida debido a que este tipo de tecnologías no han alcanzado su curva de madurez.
- Mal funcionamiento de los circuitos de protección debido al flujo de potencia inverso como resultado de la conexión de la generación distribuida al sistema.
- Algunas tecnologías de generación distribuida como por ejemplo los generadores asíncronos no proporcionan la potencia reactiva a la red.
- La generación distribuida cambia el perfil de tensiones de la red de distribución, debido a la variación de las magnitudes de flujo de potencia.
- El aumento en la cantidad de generación distribuida afecta a la frecuencia y complica el proceso de control del sistema.

Una estrategia para fortalecer la participación de las energías renovables en los sistemas de generación distribuida reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero, consiste en fomentar el uso de la energía eólica y la energía solar a pequeña, mediana y gran escala. Además,

esta acción es vista por la sociedad como una alternativa positiva para apoyar el desarrollo económico y social (Duailibe et al, 2016).

Los sistemas de generación distribuida basados en energías renovables se han incrementado drásticamente hasta alcanzar el 12,5% a nivel mundial (Sharique & Anees, 2016). Por tanto, la generación distribuida basada en energías renovables está jugando un papel importante en el sistema de distribución. A medida que la penetración del sistema de distribución es cada vez mayor, aumenta el interés de todos los actores involucrados para implantar un sistema basado en energías renovables con beneficios económicos, técnicos, sociales y ambientales.

4.1.1 Energía distribuida solar fotovoltaica

Los sistemas fotovoltaicos están enmarcados dentro de las tecnologías de generación distribuida renovable. El apoyo público en mercados crecientes para estas tecnologías ha llevado a extensas aplicaciones de energía solar fotovoltaica conectada a la red, particularmente en la vecindad del consumidor y la distribución de electricidad (Paatero & Lund, 2007).

La energía distribuida fotovoltaica ha aumentado gracias a los altos niveles de irradiación solar por las condiciones geográficas favorables y a la reducción de los costes del panel fotovoltaico (Silva et al 2016). La preocupación de aumentar la penetración de las energías renovables en la red junto con la reducción de los precios de los paneles solares fotovoltaicos durante las últimas décadas ha permitido la implantación de centrales de energía solar fotovoltaica (Cabrera-Tobar et al, 2016).

Hoy en día, el número de plantas fotovoltaicas medianas y grandes está aumentando significativamente y la necesidad de una gestión y aprovechamiento de la energía óptima de tales plantas es de gran importancia (Ventura & Marco, 2016). Por ello, y al contrario que en la mayoría de las fuentes de energía convencionales, la tecnología fotovoltaica tiene un amplio margen de aplicaciones, desde pequeños sistemas del orden de kilovatios pico (kWp) de potencia instalada hasta centrales con varios megavatios pico (MWp).

Además, el carácter modular de la tecnología fotovoltaica permite, al contrario que en la mayoría de las fuentes convencionales, un coste unitario y una eficiencia independiente del tamaño o la escala de la instalación. Por esta razón, la energía distribuida fotovoltaica presenta un gran interés para la producción de energía descentralizada.

Estas instalaciones fotovoltaicas altamente distribuidas dentro de los entornos de la ciudad, como en las cubiertas de edificios y fachadas, permiten localizar la generación de electricidad muy próxima al usuario final, minimizando la necesidad de modificaciones en la red de distribución y reduciendo al mínimo las pérdidas de transmisión (Jacques et al, 2014).

Por esa razón los componentes de generación fotovoltaica, la distribución interna y la conexión a red son hoy en día motivo de investigación para garantizar el diseño, operación y control de estas plantas de energía (Cabrera-Tobar, 2016). La capacidad de los sistemas conectados a la red está aumentando más rápidamente y sigue siendo la causa de la gran mayoría de las instalaciones de energía solar fotovoltaica en todo el mundo.

Las aplicaciones descentralizadas (sistemas de techo residenciales, comerciales e industriales) conectadas a la red han luchado para mantener un mercado global aproximadamente estable (en términos de capacidad agregada anualmente) desde 2011, en particular con la transición de las tarifas reguladas (FIT) y la medición neta al autoconsumo (REN21, 2017) (figura 4.2).

Figura 4.2: Adiciones globales de energía solar fotovoltaica, Acciones de instalaciones conectadas a la red y fuera de la red, 2006-2016, Fuente: (Ren21, 2017).

En contraste, los proyectos centralizados a gran escala han comprendido una proporción creciente de las instalaciones anuales, especialmente en los mercados emergentes, a pesar de los desafíos de conexión a la red, y ahora representan la mayoría de dichas instalaciones (REN21, 2017).

4.1.1.1 Clasificación del Tamaño de la Energía Distribuida Solar Fotovoltaica

Los parámetros de tamaño de la generación distribuida tienen que ser determinados cuidadosamente para mejorar el rendimiento y la eficiencia general del sistema fotovoltaico. Por lo tanto, el tamaño adecuado de una instalación de energía distribuida es muy importante para el funcionamiento fiable y para satisfacer la demanda de los consumidores.

Por ello, la forma de clasificar el tamaño es un aspecto que debe ser considerado en detalle a la hora de determinar el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de generación distribuida. Estas

instalaciones se clasifican en plantas pequeñas y medianas (menos de 1 MWp de potencia, y entre 1 y 5 MWp respectivamente) y de un tamaño más grande las que excedan de 5 MWp.

Las primeras son instaladas normalmente en viviendas y edificios mientras que las de gran tamaño tales como los huertos solares, son implantadas en zonas principalmente agrícolas (Prados, 2010). Se puede clasificar la generación fotovoltaica en cuatro tipos de instalaciones de acuerdo a su tipología correspondiente (Mateu, 2012):

- **Instalaciones pequeñas de 3 kW como planta tipo (con rango de hasta 5 kW):** Son normalmente aplicaciones sobre cubiertas, tejados, azoteas de viviendas unifamiliares, llevadas a cabo por particulares en zonas de su propiedad; la motivación es generalmente medioambiental. Con la generación de energía eléctrica en plantas de 3 kW de potencia instalada se cubre el consumo propio de una casa tipo medio, en el que viven 2-3 personas, excluyendo el consumo de calefacción y aire acondicionado.
- **Instalaciones medianas de 15 kW como planta tipo (con rango entre 5 y 20 kW):** Son instalaciones en edificios o naves industriales, normalmente, integrados en la arquitectura de los mismos. Una instalación de 15 kW en un edificio supone cubrir las necesidades eléctricas de 5 viviendas medias.
- **Instalaciones grandes de 100 kW como planta tipo (con rango entre 20 kW y 100 kW):** Son, generalmente, instalaciones de superficies grandes, promovidas por empresas que, además de contribuir a una generación limpia, desean un refuerzo de la imagen de la empresa o entidad promotora. Una planta de 100 kW cubre el consumo de un edificio de tipo medio.
- **Centrales FV de 3 MW como planta tipo (con rango superior a 100 kW):** Son centrales de generación promovidas, generalmente, por empresas o consorcios de empresas, siendo una de ellas la empresa local de distribución, normalmente. Estas empresas desean conseguir un rendimiento económico y una componente de generación verde. Una planta de 3 MW es capaz de abastecer a una población o urbanización de, aproximadamente, 500 vecinos.

En lo que respecta a la clasificación de las unidades de generación distribuida por orden de la potencia instalada, las investigaciones científicas utilizan actualmente muchas definiciones como por ejemplo (Ackermann et al, 2001):

1. El Instituto de Investigación de Energía Eléctrica define la generación distribuida como la generación de "unos pocos kilovatios hasta 50 MW" (See electric power research institute web-page, 1998).

2. De acuerdo con el Instituto de Investigación del Gas, la generación distribuida es "típicamente entre 5 y 25 MW" (Gas Research Institute, 1998).
3. Preston y Rastler definen el tamaño como "que van desde unos pocos kilovatios hasta más de 100 MW" (Sharma & Bartels, 1997)
4. Cardell define como la generación distribuida la escala entre 500 kW y 1 MW (Cardell & Tabors, 1998).
5. La Conferencia Internacional de Grandes Sistemas Eléctricos de Alta Tensión (CIGRÉ) define la generación distribuida como menor de 50-100 MW (CIGRE, 1998).

Entre todos estos estudios encontramos diferentes clasificaciones, pero las siguientes tres plantean características similares. El tamaño de las instalaciones fotovoltaicas según la potencia se puede clasificar en:

1. **Sistemas Individuales o Centrales Eléctricas** (Duailibe et al, 2016): los sistemas individuales son los que tienen un tamaño de unidad de potencia (o capacidad de generación) del orden de los kW y las centrales eléctricas son las instalaciones fotovoltaicas que tienen una unidad de potencia en torno a los MW.
2. **Sistemas Fotovoltaicos a gran escala o Sistemas Fotovoltaicos a pequeña escala** (Lv & Ai, 2016): se consideran sistemas fotovoltaicos de gran escala las plantas solares mayores de 500 kW y se considera sistemas fotovoltaicos de pequeña escala las instalaciones solares mayores de 3 kW y menores de 500 kW.
3. **Se clasifica en términos de la generación distribuida (tabla 4.1).**

Tamaño	Categorías	Potencia (P)
Pequeña y Mediana generación distribuida	generación micro-distribuida	$\sim 1 \text{ W} < 5 \text{ kW}$
	generación distribuida pequeña	$5 \text{ kW} \leq P < 5 \text{ MW}$
Grande y Muy grande generación distribuida	generación distribuida media	$5 \text{ MW} \leq P < 50 \text{ MW}$
	ampliación de la generación distribuida	$50 \text{ MW} \leq P < 300 \text{ MW}$

Fuente: Viral R and Khatod D.K, 2012

Tabla 4.1: Clasificación de la generación distribuida

Estas tres clasificaciones establecen la dimensión del sistema de distribución de las instalaciones solares fotovoltaicas a partir de la potencia instalada.

4.1.2 Tamaño de las ISF distribuidas

A finales de 2016, cada continente había instalado al menos 1 GW de energía solar fotovoltaica, al menos 24 países tenían 1 GW o más de capacidad y al menos 114 países tenían más de 10 MW (REN21, 2017).

Actualmente los sistemas fotovoltaicos a gran escala (> 500 kW) presentan una menor proporción de la producción de energía fotovoltaica en comparación con los sistemas de pequeña escala (< 3 kW). Sin embargo, el mercado está mostrando un dramático aumento en el número de instalaciones a gran escala (Beylot et al, 2014). En este contexto y debido al rápido desarrollo de la generación distribuida, el tamaño óptimo de los sistemas fotovoltaicos está siendo intensamente abordado y discutido.

Las instalaciones solares fotovoltaicas con un dimensionamiento no óptimo pueden dar lugar a diversos problemas tales como un incremento en las pérdidas del sistema, incremento en costes, aumento de tensión, fluctuaciones y problemas de estabilidad (Viral and Khatod, 2012).

Hasta ahora, la mayoría de los estudios del tamaño óptimo se han centrado en tecnologías de instalaciones a pequeña escala del tipo cubiertas solares conectadas a un consumidor o usuario final (Kaldellis et al, 2010) (figura 4.3). Pero estudios recientes subrayan que las grandes centrales solares o instalaciones a gran escala (figura 4.4) son las más recomendables.

Figura 4.3: Esquema de Instalaciones de cubiertas solar hasta el consumidor, Fuente: (Narejos, 2012).

Figura 4.4: Esquema de Instalaciones desde huerto solar hasta el consumidor, Fuente: (Narejos, 2012).

Autor	Año	Nacionalidad	Revista	Título del Artículo
Tianguang L; Qian A	2016	Shangai, China	Applied Energy	Interactive energy management of networked microgrids-based active distribution system considering large-scale integration of renewable energy resources
Ke-yan Liua, Wanxing Shenga, Yuan Liub, Xiaoli Menga, Yongmei Liua	2015	Beijing, China	International Journal of Electrical Power & Energy Systems	Optimal sitting and sizing of DGs in distribution system considering time sequence characteristics of loads and DGs
Srinivasa Rao Gampa, D. Das	2014	Singapur, India	International Journal of Electrical Power & Energy Systems	Optimum placement and sizing of DGs considering average hourly variations of load
J.K. Kaldellisa, D. Zafirakisa, E. Kondilib	2010	Atenas; Grecia	International Journal of Electrical Power & Energy Systems	Optimum sizing of photovoltaic-energy storage systems for autonomous small islands
Majid Jamil, Ahmed Sharique Anees	2016	Islamia , New Delhi	Energy	Optimal sizing and location of SPV (solar photovoltaic) based MLDG (multiple location distributed generator) in distribution system for loss reduction, voltage profile improvement with economic benefits
Jukka V. Paatero, Peter D. Lund	2007	Helsinki, Finland	Renewable Energy	Effects of large-scale photovoltaic power integration on electricity distribution networks
Susanne Hangera, b, Nadejda Komendantovaa, b, Boris Schinkek, Driss Zejlid, e, Ahmed Ihalf, Anthony Patta, b	2016	Zürich, Switzerland	Energy Research & Social Science	Community acceptance of large-scale solar energy installations in developing countries: Evidence from Morocco
J. Arán Carrión, A. Espín Estrella, F. Aznar Dols, A. Ramos Ridaó	2008	Granada; España	Renewable Energy	The electricity production capacity of photovoltaic power plants and the selection of solar energy sites in Andalusia (Spain)
Eloy Díaz-Dorado, Andrés Suárez-García, Camilo J. Carrillo, José Cidrás	2011	Vigo; España	Renewable Energy	Optimal distribution for photovoltaic solar trackers to minimize power losses caused by shadows
Jason Phillips	2013	United Kingdom	Renewable and Sustainable Energy Reviews	Determining the sustainability of large-scale photovoltaic solar power plants
Prem Prakash, Dheeraj K. Khatod	2016	Uttarakhand, India	Renewable and Sustainable Energy Reviews	Optimal sizing and siting techniques for distributed generation in distribution systems: A review

Fuente: Sciencedirect, 2018

Tabla 4.2: Publicaciones que se enfocan en el tamaño óptimo de los sistemas con generación distribuida

Destacando que con ellas las necesidades de suministros están cubiertas y que reducen las emisiones de gases de efecto invernadero de forma considerable. En la tabla 4.2, se presentan ejemplos de diferentes publicaciones que destacan esto último que se menciona.

En esta tabla se muestran diferentes estudios en los que se ha abordado la importancia de obtener el tamaño óptimo de las instalaciones fotovoltaicas con generación distribuida y la diversidad de parámetros que se deben tomar en cuenta a la hora de establecerlo (Guerrero-Liquet et al, 2018).

A partir de esta revisión exhaustiva realizada vemos que la comunidad científica de la generación distribuida renovable propone dos grandes esquemas de sistemas fotovoltaico para la generación distribuida las pequeñas/medianas (figura 4. 3) y las grandes/ muy grandes (figura 4.4).

En estos estudios revisados, ninguna instalación supera 1 GW de energía. Este orden de magnitud en términos de potencia instalada es el que ha sido establecido en áreas con escasa densidad de población alejadas de los grandes núcleos urbanos (REN21, 2017).

Es por esto que se adopta como óptimo el tamaño de uno o varios sistemas que garanticen la capacidad de 1GW, que maximicen los beneficios socio-económicos y minimicen el impacto ambiental del sistema distribuido.

4.2 Evaluación del tamaño óptimo de las ISF distribuidas

A modo de ejemplo en esta sección se abordará la evaluación del tamaño óptimo en un sistema fotovoltaico para generación distribuida que no supera 1 GW de potencia instalada. Para ello, se aplicará una combinación de metodologías de toma de decisiones multi-criterio, en concreto la combinación ANP-TOPSIS (Guerrero-Liquet et al, 2018).

Se utiliza este método híbrido porque el problema se considera complejo por la cantidad de criterios que tiene y se hace necesario evaluar no solo la importancia de cada uno de ellos sino también la influencia y dependencia de cada uno de estos criterios de forma interdependiente. Además, combinar ANP con TOPSIS nos permite introducir datos cuantitativos de los criterios, lo que permite que los resultados se aproximen a la realidad.

ANP-TOPSIS se aplica a la clasificación mostrada en la sección anterior (tabla 4.1): sistemas fotovoltaicos de pequeña/mediana y gran escala para generación distribuida. Dichas clasificaciones constituirán las alternativas objeto de evaluación. Con esta finalidad, un equipo compuesto por 5 expertos pertenecientes al sector de la energía fotovoltaica (ingenieros de instalación, académicos, investigadores y usuarios) participa en el estudio rellenando un cuestionario detallado mediante tres

sesiones de preguntas para cada experto y caso a evaluar (Ver capítulo de anexos 9.1 Cuestionarios de la investigación cap. 4).

En la primera sesión, los expertos deben seleccionar no sólo los criterios y sub-criterios que influyen en la evaluación sino también determinar la influencia relativa de cada uno de los sub-criterios. La segunda sesión permite obtener la importancia y la influencia de los criterios entre sí, preguntando si un criterio es intrascendente (1) o extremadamente importante (9) para otro (etapa 2 de ANP-TOPSIS) (Guerrero-Liquet et al, 2018).

La media geométrica de cada una de las matrices resultantes conduce a las prioridades de importancia entre los criterios y los sub-criterios (etapa 3 de ANP-TOPSIS). Desarrollando el resto de etapas del algoritmo ANP-TOPSIS (Ver sección 3.5 del capítulo metodología) resulta posible evaluar las alternativas y obtener una clasificación de ISF en función del tamaño óptimo.

4.2.1 Factores del tamaño óptimo de las ISF distribuidas

Se han establecido cuatro grandes grupos de criterios generales teniendo en cuenta que el objetivo es optimizar el tamaño para maximizar los beneficios socio-económicos y minimizar el impacto ambiental. Estos cuatro grupos principales que influyen directamente son los criterios: técnicos, económicos, medioambientales y sociales.

A partir de una revisión exhaustiva de la literatura científica se han extraído numerosos factores según el criterio al que pertenecen (figura 4.5). Cada uno de dichos factores se clasifican de acuerdo al sistema fotovoltaico de pequeña/mediana y gran escala para generación distribuida. Estos factores se pueden dividir en cuantitativos y cualitativos según las características de medición en cada caso.

A continuación, se presenta la definición de cada uno de estos factores que expone la comunidad científica los cuales son claves para determinar el tamaño óptimo de las instalaciones fotovoltaicas conectadas mediante generación distribuida:

- **Criterios Técnicos:**
 - **Ubicación geográfica del sitio:** La ubicación de un sitio se expresa comúnmente por las coordenadas geográficas de un punto para servir como sitio de referencia dentro de sus límites topográficos. De este modo, dos sitios con la misma área y forma geométrica, pero con ubicaciones diferentes no tienen el mismo potencial energético (Duailibe et al, 2016).

CAPITULO 4. OPTIMIZACIÓN DEL TAMAÑO DE ISF CONECTADA A RED

Técnicos	Económicos	Medioambientales	Sociales
Ubicación geográfica del sitio	Costos de Operación	Impacto Ambiental	Empleo Generado
Recurso Solar disponible	Coste de inversión	Reducción de Gases de efectos Invernadero y otros gases	Fomento del Ahorro energético y Conciencia hacia problemas ambientales
Índice de pérdida de potencia por degradación de los módulos	Coste de Mantenimiento	Reciclado al final de la vida útil	Aceptación de la comunidad y Equidad Percibida
Sobretensión	Tasa Interna de Retorno TIR	Restricciones Naturales en la Topografía del Terreno	Percepción de la información
Limitaciones técnicas y operacionales	Barreras de la financiación	Condiciones del Viento	Impactos Sociopolíticos
Líneas de transmisión adicionales	Coste de Electricidad Suministrado por la red	Disponibilidad de la superficie	Mitigación de la Pobreza y reducción de las desigualdades
Perdidas de Trasmisión y distribución de transporte	Posibles Ayudas y desgravaciones fiscales	Entorno	Marco Normativo
Superficie del área	Ingresos adicionales por posible reducción de emisiones	Impactos sobre el ecosistema	Desarrollo de la Infraestructura Local
Fiabilidad del sistema	Barreras en la contratación	La pérdida de tierras cultivables	Utilización de la energía
Performance Ratio	Ahorros en las pérdidas de transmisión		Producción de bienes y servicios
Degradación del Sistema	Valor Agregado Neto VAN		Desarrollo Económico
Angulo de Inclinación	Precio del Suelo		Capacidad de Suministros en mercados locales
Interrupciones en el vertido			Distancia del Proyecto de la Población
Orientación del lugar			Percepción Social Negativa de Impactos Añadidos
Distancia de las líneas eléctricas			Tejido Industrial de la zona
Facilidades de conexión			
Topología de la red de distribución y condiciones de las líneas y subestaciones			
Flujo de Potencia			
Exceso de energía			
Eficiencia de Conversión Eléctrica			
Perturbaciones en la red			
Elementos de seguridad del sistema			
Distancia a Subestaciones de transformación			

■ Sub-criterio para tamaño pequeño y mediano

■ Sub-criterio para tamaño grande y muy grande

■ Sub-criterio para ambos tamaños

Figura 4.5: Factores utilizados en el sistema de generación distribuido fotovoltaico, Fuente: (Sciencedirect data base, 2018).

- **Recurso Solar disponible:** Es la radiación solar disponible obtenida de forma directa, la magnitud que mide la radiación solar que llega a la Tierra es la irradiación, que mide la potencia que por unidad de superficie alcanza a la Tierra. Su unidad es el W/m² (Dyreson et al, 2014).
- **Pérdida de potencia anual por degradación de los módulos:** Factor diseñado para reducir la pérdida de potencia real del sistema de distribución.

El índice de pérdida de potencia real se define como:

$$RPLI = \frac{P_{loss}^{DG}}{P_{loss}^{bc}}$$

Donde P_{loss}^{DG} del total real es la pérdida de potencia considerando dimensionado optimo y P_{loss}^{bc} es la pérdida total de potencia real para la base, sin tener en cuenta las dimensiones optimas en la red de distribución (Rao & Das, 2015).

- **Sobretensión:** es una onda o impulso de tensión que se superpone a la tensión nominal de la red. Es un aumento, por encima de los valores establecidos como máximos, de la tensión eléctrica entre dos puntos de un circuito o instalación eléctrica. Se mide a partir del voltaje en un circuito cuando la corriente se eleva por encima de su límite de diseño superior. Este pico de voltaje se puede visualizar en el perfil de tensión del sistema (Conti & Raiti, 2007).
- **Limitaciones técnicas y operacionales:** Son restricciones en la tensión a líneas eléctricas para satisfacer el crecimiento de la carga en la red de distribución proporcionando un servicio fiable y rentable para los consumidores al tiempo que garantiza que los voltajes y la calidad de la energía este dentro de los rangos normales (Gelabert et al, 2011).
- **Líneas de transmisión adicionales:** Las líneas de distribución se actualizan de forma óptima con el fin de mejorar la fiabilidad del sistema y reducir al mínimo las pérdidas de potencia bajo crecimiento de la carga. Estas líneas deben ser reforzadas según el escenario que se presente para contribuir a la expansión del sistema de distribución de múltiples etapas en las que se tienen en cuenta la instalación y / o ampliación de las subestaciones (Gelabert et al, 2011).
- **Pérdidas de transmisión y distribución de transporte:** En general, las pérdidas de transmisión y distribución se estiman a partir de la discrepancia entre la energía producida (como se informa por las centrales eléctricas) y energía vendida a los clientes finales; la diferencia entre lo que se produce y lo que se consume constituyen las pérdidas de transmisión y distribución, suponiendo que no se produce el robo de utilidad (Yanik et al, 2016).
- **Superficie del área:** La posición del sitio en la superficie de la tierra determina la disponibilidad de los recursos naturales que pueden ser utilizados para la generación de energía. El área es el espacio de dos dimensiones que caracteriza el sitio dentro de una región, es decir, un número dimensional (m^2) que expresa el

CAPITULO 4. OPTIMIZACIÓN DEL TAMAÑO DE ISF CONECTADA A RED

tamaño del sitio. Una superficie corresponde a la característica geométrica de su contorno.

De este modo, dos sitios con la misma área y forma geométrica, pero con ubicaciones diferentes o dos sitios con diferente forma y/o zona, pero con la misma ubicación casi no tienen el mismo potencial energético. Además, la zona influye en el tipo de tecnología que se puede utilizar en el sitio, mientras que la forma determina la forma en que las tecnologías se pueden arreglar o instalar en el sitio. Por lo tanto, el área y la forma afectan a la cantidad de energía que puede ser generada en el sitio (Duailibe et al, 2016).

- **Fiabilidad del sistema:** La capacidad de un sistema o componente para funcionar bajo las condiciones establecidas por un período determinado de tiempo. La fiabilidad también puede describir la capacidad de funcionar en un momento determinado o intervalo de tiempo (disponibilidad). Se define teóricamente como la probabilidad de éxito ($\text{Fiabilidad} = 1 - \text{probabilidad de fallo}$), como la frecuencia de fallos; o en términos de disponibilidad. Fiabilidad juega un papel clave en la relación coste-eficacia de los sistemas (Viral & Khatod, 2012).
- **Coefficiente de rendimiento o Performance Ratio:** Factor de calidad que determina la relación entre el rendimiento real y el rendimiento nominal de la instalación fotovoltaica. Es independiente del lugar de ubicación y de la calidad de una instalación fotovoltaica. De esta forma indica qué proporción de la energía está realmente disponible para la alimentación tras haber descontado las pérdidas energéticas y el consumo propio para la operación (Ventura & Marco, 2016).
- **Degradación del sistema:** Rendimiento o tasa de degradación de los módulos solares y demás componentes. Pérdida de la eficiencia y bajo funcionamiento a lo largo del tiempo del sistema (Zhang et al, 2015).
- **Angulo de inclinación:** El ángulo de inclinación de una recta es el ángulo que forma con el eje x. La medida del ángulo se toma en sentido contrario a las agujas del reloj. El grado de inclinación recomendada para invierno corresponderá con la latitud del lugar más 18 grados. Mientras que para uso de la instalación en las temporadas de verano se deberá inclinar a un ángulo igual a la latitud del lugar menos 18 grados (Duailibe et al, 2016).
- **Interrupciones en el vertido:** Cortes en la inyección de la energía generada a la red de distribución a consecuencia de las variaciones de la radiación solar con el

ciclo del día y la noche, la irradiación más débil y los días más cortos durante el invierno, y la atenuación debida a las nubes, el polvo y la actividad volcánica (Grossmann et al, 2013).

- **Orientación del lugar:** Posición o colocación óptima que deben de tener los paneles solares respecto a los puntos cardinales en el que está ubicada la instalación para favorecer una mayor producción de electricidad (Duailibe et al, 2016).
- **Distancia de las líneas eléctricas:** Separación mínima que el sistema permite conectar una instalación fotovoltaica a la red de distribución de energía eléctrica (Ahmad & Mad, 2014).
- **Facilidades de conexión:** Agilidad en dar respuesta a problemas de conexión, como por ejemplo fluctuaciones de energía u oscilaciones de las redes de distribución que se solucionen con el menor esfuerzo posible. Según (Ackermann et al, 2001) la conexión de la generación distribuida es muy compleja debido al análisis de los problemas de integración a la red.
- **Topología de la red de distribución y condiciones de las líneas y subestaciones:** Esquema o arreglo de la distribución, es decir, la forma en que se distribuye la energía por medio de la disposición de los segmentos de los circuitos de distribución. (Cabrera-Tobar et al, 2016) enfocan a la forma como se distribuye la energía a partir de la fuente de suministro.
- **Flujo de potencia:** necesario para obtener el margen máximo de carga del sistema. Flujo de potencia puede conducir a problemas de protección. Además, el sistema de protección se perturba debido al flujo de potencia bidireccional, ya que los sistemas están diseñados para el flujo de energía unidireccional, esto puede llevar a incrementar las pérdidas del sistema (Prakash & Khatod, 2016).
- **Exceso de energía:** La cantidad de energía o excedente que pierde el sistema. Energía producida menos la energía consumida. Esta energía puede ser recuperada aplicando diferentes tecnologías (Lv & Ai, 2016).
- **Eficiencia de conversión eléctrica:** A gran escala depende de la temperatura de funcionamiento del módulo fotovoltaico. La eficiencia de conversión eléctrica del módulo fotovoltaico es obtenida a partir de la temperatura de funcionamiento del módulo obtenido en el análisis de transferencia de calor en comparación con la

CAPITULO 4. OPTIMIZACIÓN DEL TAMAÑO DE ISF CONECTADA A RED

relación entre las características de eficiencia y la temperatura de conversión eléctrica (Kaldellis et al, 2010).

- **Perturbaciones en la red o calidad de la red eléctrica.** Desviaciones de la onda de tensión que proporciona la red. Ejemplos típicos de perturbación son ruidos en modo diferencial o común, impulsos eléctricos, variaciones rápidas de velocidad o huecos de tensión, parpadeo (flicker), distorsión armónica y variaciones de frecuencia (Prakash & Gafoor, 2016).
- **Elementos de seguridad del sistema:** Medidas de protección que permiten llevar a cabo un servicio continuo y mantener los índices apropiados (índice de voltaje de perfil, índice de pérdida de potencia, índice de nivel de penetración y de índice de nivel de cortocircuito dentro de los límites aceptables (Prakash & Khatod, 2016).
- **Distancia a Subestaciones de transformación:** Separación física en términos de distancia a la que se encuentra el sistema fotovoltaico de una subestación transformadora de energía eléctrica, instalación destinada a modificar y establecer los niveles de tensión, para facilitar la transmisión y distribución de la energía (Sánchez-Lozano et al, 2015).
- **Criterios Económicos:**
 - **Costes de operación:** Los gastos o costes típicos realizados para que la instalación se mantenga en régimen normal de funcionamiento. Estos costes corresponden a los costes de personal, costes de servicios públicos o la depreciación, costes de utilización del terreno si es arrendado y costes de sustitución en caso de deterioro (Corona et al, 2016).
 - **Coste de inversión:** El capital o precio a pagar para que una instalación sea puesta en marcha y comience a operar de forma regular. Para fuentes renovables y para las plantas dotadas de carbono, captura y almacenamiento, los costos de inversión proyectados son el resultado de los diferentes niveles de implementación en los diferentes escenarios (Rajesh et al, 2016).
 - **Coste de mantenimiento:** Precio total a pagar por la limpieza de suciedad y buen funcionamiento de los paneles solares y demás componentes eléctricos durante la vida útil de la instalación (Ventura & Marco, 2016).
 - **Tasa Interna de Retorno (TIR):** La media geométrica de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión, y que implica el supuesto de una oportunidad para

"reinvertir". La TIR puede utilizarse como indicador de la rentabilidad de un proyecto: a mayor TIR, mayor rentabilidad, así, se utiliza como uno de los criterios para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión (Azofra et al, 2016).

- **Barreras de la financiación:** Principales problemas financieros en el proceso de completar los proyectos como son las barreras de adquisición de clientes y adquisición de préstamos. Esta estructura ha generado incertidumbre en torno a los pagos para proyectos de energía fotovoltaica. Comúnmente existen incertidumbres políticas en torno a proyectos de energía fotovoltaica, incluyendo la fuente de los fondos de subvención y la estabilidad de las políticas de subsidios. La preocupación principal de las entidades bancarias es debida a la rápida depreciación de las instalaciones fotovoltaicas. Por último, la falta de productos de seguro estándar para el rendimiento del sistema también desalienta a las entidades bancarias a invertir en proyectos de energía fotovoltaica (Zhang et al, 2015).
- **Coste de electricidad suministrado por la red:** Precio o tarifa eléctrica que paga el usuario final por el consumo de energía de la red eléctrica. Dentro de este coste se incluye los peajes de acceso, las redes de transporte y distribución permanecen bajo un esquema regulado por ser actividades que, dadas sus características intrínsecas, son monopolios naturales. Por este motivo, los costes de las redes (junto con los cargos) son repercutidos a todos los consumidores según sus características, independientemente de que se adquiera la energía a precio libre o precio regulado, a través de los peajes de acceso y cargos (Rezaee, 2016).
- **Posibles ayudas y desgravaciones fiscales:** Ayudas estatales, subvenciones y deducciones fiscales aplicadas a la inversión de este tipo de proyectos. Además de las primas fotovoltaicas, también existen deducciones fiscales y subvenciones para incentivar las energías renovables de forma transparente y competitiva (Gooding et al, 2013).
- **Ingresos adicionales por posible reducción de emisiones (Mercado CO₂):** Retorno económico sobre la inversión en este tipo de instalaciones renovables al incluirse en programas de ayudas que promueven el ahorro de emisiones de gases invernaderos. Son un mecanismo internacional de descontaminación para reducir las emisiones contaminantes al medio ambiente.

CAPITULO 4. OPTIMIZACIÓN DEL TAMAÑO DE ISF CONECTADA A RED

Es uno de los tres mecanismos propuestos en el Protocolo de Kioto para la reducción de emisiones causantes del calentamiento global o efecto invernadero (GEI o gases de efecto invernadero) también llamados créditos de carbono (Latunussa et al, 2016).

- **Barreras en la contratación:** La negociación de un contrato para una instalación comercial, fábrica, o un parque industrial a menudo se ve obstaculizada por las estructuras de propiedad complicadas de las instalaciones, que pueden implicar los propietarios de edificios, una empresa de administración de propiedades, los usuarios finales de electricidad, y otras partes interesadas.

La negociación con múltiples partes para el espacio y las ventas de energía del techo puede ser largo y difícil, especialmente con las normas de contratación limitados (Zhang et al, 2015).

- **Ahorros en las pérdidas de transmisión:** Reducción de las pérdidas en el transporte eficiente de la energía desde un punto a otro que se traduce en ahorro económico. Existen una variedad de tecnologías y métodos que pueden implementarse para reducir las pérdidas en las redes de distribución. Diversos estudios como el realizado por (Yanik et al, 2016) demuestran que estas tecnologías pueden resultar atractivas económicamente.

- **Valor agregado neto (VAN):** La ruta como porcentaje de la rentabilidad del proyecto. El valor presente neto o el valor actual neto de una inversión es un indicador del rendimiento absoluto neto proporcionado por el proyecto.

Mide la línea de base y el beneficio proporcionado en términos absolutos después de descontar la inversión inicial (Aran et al, 2008).

- **Precio del suelo:** Coste a pagar por la utilización del terreno o parcelas donde se instala el proyecto ya sea en forma de compra o arrendamiento (Cabrera-Tobar et al, 2016).

- **Criterios Medioambientales:**

- **Impacto ambiental:** Efecto que produce la actividad humana sobre el medio ambiente. El concepto puede extenderse a los efectos de un fenómeno natural catastrófico. Técnicamente, es la alteración de la línea de base ambiental (Hanguera et al, 2016).

- **Restricciones naturales en la topografía del terreno:** Áreas identificadas que no son adecuadas para instalar energía solar fotovoltaica. Las restricciones que hacen que un área sea inaceptable para la aplicación de una granja solar se deben tener en cuenta.

Dichas instalaciones deberán estar ubicadas lejos de las ciudades, áreas protegidas, tales como los yacimientos arqueológicos o paleontológicos. Es importante la obtención de áreas viables para poner en práctica este tipo de instalaciones (Sánchez-Lozano et al, 2015).

- **Reducción de gases de efectos invernadero y otros gases:** Disminución de los gases cuya presencia en la atmósfera contribuye al efecto invernadero. Los más importantes están presentes en la atmósfera de manera natural, aunque su concentración puede verse modificada por la actividad humana, pero también entran en este concepto algunos gases artificiales, producto de la industria.

Esos gases contribuyen más o menos de forma neta al efecto invernadero por la estructura de sus moléculas y, de forma sustancial, por la cantidad de moléculas del gas presentes en la atmósfera. Gases implicados: vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxido de nitrógeno, ozono, clorofluorocarbonos etc. (Mallikarjun & Lewis, 2014).

- **Reciclado al final de la vida útil:** Correcta reutilización del residuo generado para la obtención de materia primas y elaboración de nuevos productos. Las compañías fotovoltaicas no sólo tienen que garantizar la recogida y el reciclado de sus productos desechados, sino también están obligadas a garantizar también el futuro financiero de la gestión de residuos (Latunussa et al, 2016).

- **Condiciones de viento:** Velocidad de transferencia de cantidad de calor entre la corriente del aire circundante y la superficie modular. La velocidad de transferencia de calor entre un módulo fotovoltaico y el aire libre es obtenida sobre la base de las condiciones de viento.

Las características de flujo laminar (turbulencia) o del viento que fluye en los módulos fotovoltaicos se rigen por la orografía del terreno, la velocidad del flujo, entre otros (Obara et al, 2014).

- **Disponibilidad de la superficie:** Cantidad de tierra útil y disponible que cumple con las condiciones técnicas y medioambientales para instalar un proyecto (Prakash & Gafoor, 2016).

CAPITULO 4. OPTIMIZACIÓN DEL TAMAÑO DE ISF CONECTADA A RED

- **Entorno:** Ambiente o área en el que está rodeado el proyecto ya sea en un ambiente urbanizado o en un ambiente rural. Entendiéndose por área urbana al asentamiento humano con una alta densidad de población y la infraestructura del entorno construido y por área rural al área geográfica que se encuentra fuera de las ciudades y pueblos (Conti & Raiti, 2003).
- **Impactos sobre el ecosistema:** Efecto que produce la actividad humana sobre un sistema que está formado por un conjunto de organismos vivos y el medio físico donde se relacionan. Un ecosistema es una unidad compuesta de organismos interdependientes que comparten el mismo hábitat (Phillips, 2013).
- **Pérdida de tierras cultivables:** Cantidad de terreno perdido en hectáreas o metros cuadrado en los cuales no es posible sembrar o cultivar debido a la construcción de una instalación eléctrica (Prados, 2016).

- **Criterios Sociales:**

- **Empleo generado:** Cantidad de puestos de trabajos que se generan durante el ciclo de vida de una instalación fotovoltaica. La creación de empleo se puede representar por el número total de empleos generados, los cuales pueden ser directos, indirectos o inducidos (Sheikh et al, 2016).
- **Fomento del ahorro energético y conciencia hacia problemas ambientales:** Ambos son factores que determinan el deseo de los individuos para instalar energía solar fotovoltaica. La conciencia ambiental es entender cómo influyen las acciones de cada día en el medio ambiente y como esto afecta el futuro de nuestro espacio. Fomentar estos factores en aras a la conservación del medio ambiente (Ackermann et al, 2001).
- **Aceptación de la comunidad y equidad percibida:** El primero es un indicador de la forma en la que la energía solar se percibe en el medio ambiente. El nivel de equidad percibido está vinculado positivamente al alto nivel de aceptación. La literatura muestra cómo aceptación de la comunidad se ve influida por una serie de factores, incluyendo los costes y beneficios esperados, los riesgos sociales, económicos y ambientales, la confianza y la equidad percibida, la distancia a la central eléctrica propuesta y el contexto normativo. Los efectos de los impactos ambientales positivos y negativos son los conductores de aceptación de la comunidad (Hanguer et al, 2016).

- **Percepción de la información:** Fenómeno social basado en la opinión popular, los medios de comunicación, bases culturales, y la reputación existente. Es una verdad virtual que puede o no estar basada en hechos. La percepción pública se está convirtiendo en una consideración importante en la política de energía renovable y comentarios públicos en la planificación energética (Sheikh et al, 2016).
- **Impactos sociopolíticos:** El efecto sobre la sociedad y el bienestar de la comunidad y sus miembros (es decir, familias e individuos) de una modificación causada por la implantación de una instalación de energía renovable en este caso en particular. Existen impactos socio-políticos en todas las etapas principales del ciclo de vida de un proyecto de energía renovable. Otra definición de este concepto fue desarrollada por (Phillips, 2013) como la promulgación de políticas gubernamentales y regulaciones que afectan el desarrollo, despliegue, el crecimiento, la oferta, y los efectos generales de las energías renovables.
- **Mitigación de la pobreza y reducción de las desigualdades:** Diferentes estrategias existentes para aliviar y reducir tanto la pobreza como la desigualdad. Según (Sheikh et al, 2016) el acceso a los servicios de energía eléctrica es una estrategia que reduce la pobreza.
- **Marco normativo:** Conjunto de normas jurídicas y legislativas vigentes que rigen este tipo de inversiones. Los gobiernos establecen un marco jurídico de subvenciones para impulsar la implantación y uso de tecnologías y procesos de alta eficiencia. Deficiencias en el marco normativo causan desequilibrio en la viabilidad económica del sistema (Delicado et al, 2016).
- **Desarrollo de la infraestructura local:** Evolución de la estructura básica necesaria para el normal funcionamiento de una zona geográfica concreta. Por lo general incluye carreteras, abastecimiento de agua, alcantarillado, electricidad y comunicaciones. Este criterio es un factor clave en el crecimiento económico. También presenta un beneficio a largo plazo para la localidad y la región que consiste en mejoras de la infraestructura, la promoción de la industria relacionada, y faculta a la región para mejorar la productividad y la calidad de vida (Sheikh et al, 2016).
- **Utilización de la energía:** Energía media usada durante todo el periodo de operación que mejora el rendimiento técnico. Este criterio es un factor importante

CAPITULO 4. OPTIMIZACIÓN DEL TAMAÑO DE ISF CONECTADA A RED

en el modelo de optimización. También resulta posible definirlo como la cantidad de energía producida entre la cantidad de energía almacenada (Lv & Ai, 2016).

- **Producción de bienes y servicios:** Recursos necesarios para satisfacer las necesidades de una población. La producción de bienes y servicios hace referencia a todo lo que puede producir una economía. Cuando hablamos de producto bruto hacemos referencia a la producción de bienes y servicios de un país o región (Friebe te al, 2013).
- **Desarrollo económico:** Capacidad de países o regiones para crear riqueza a fin de promover y mantener la prosperidad o bienestar económico y social de sus habitantes.

El crecimiento económico es una de las metas de toda sociedad y el mismo implica un incremento notable de los ingresos, y de la forma de vida de todos los individuos de una sociedad (He & Kammen, 2016).

- **Capacidad de suministros en mercados locales:** Oportunidad de acceso a un servicio de energía con el objetivo de satisfacer una demanda local. Una adecuada capacidad de suministro permite que la planta de energía tome ventajas de los programas de fijación de precios en la hora del día (Friebe te al, 2013).
- **Distancia del proyecto de la población:** Separación física a la que se encuentran las zonas o áreas urbanas de la ubicación de una planta de energía renovable con el fin de valorar el efecto sobre la aceptación de la comunidad (He & Kammen, 2016).
- **Percepción social negativa de impactos añadidos:** Se sustenta esta percepción negativa en la relación del panorama energético con las tecnologías energéticas. Es una percepción de subordinación local para intereses externos más globales y, casi siempre, contribuye a reforzar la marginación de muchos territorios rurales (Delicado et al, 2016).
- **Tejido industrial de la zona:** Infraestructura empresarial que moviliza el desarrollo industrial y la creación de empleo, es un factor fundamental en el crecimiento económico en términos de la interrelación entre tejido productivo y crecimiento. Existen conjuntos de empresas en zonas industriales dedicadas a la producción y al consumo de energía (Prados, 2016).

4.2.1 Sub-criterios del tamaño óptimo de las ISF distribuidas

Para establecer la influencia que tienen cada uno los factores que hemos definido agrupamos en sub-criterios los parámetros generales de acuerdo a la funcionabilidad del sistema. Estos se agrupan en términos técnicos, económicos, medioambientales y sociales según los diferentes factores a los cuales pertenecen (Guerrero-Liquet et al, 2018).

Se seleccionan catorce sub-criterios de entre los casi 60 factores que los estudios recientes muestran determinantes para que afecten el tamaño óptimo de un sistema fotovoltaico de generación distribuida (figura 4.5). Cada uno de estos sub-criterios se clasifican de acuerdo a los sistemas fotovoltaicos de pequeña/mediana (tabla 4.3) y gran escala (tabla 4.4) para generación distribuida.

De esta forma podremos identificar de forma más rápida las ventajas económicas, medioambientales y técnicas que se obtienen a la hora de establecer un dimensionamiento óptimo de las instalaciones fotovoltaicas para los sistemas de generación distribuida. Cabe destacar que también se clasifica la forma más conveniente de medir cada uno de estos parámetros ya sea cualitativa o cuantitativamente.

Con el conocimiento de los criterios, sub-criterios y los factores que componen el tamaño óptimo de una ISF con sistema distribuido, el panel de expertos identifica la influencia mutua de cada tamaño para construir la red y la estructura del problema (figura 4.6). Este es el paso 1 de la metodología ANP-TOPSIS.

Figura 4.6: La interrelación entre los criterios para el caso de las pequeñas y medianas a) y las grandes instalaciones b) según sus siglas en inglés, Fuente: (Elaboración Propia)

CAPITULO 4. OPTIMIZACIÓN DEL TAMAÑO DE ISF CONECTADA A RED

Criterio	Sub-criterios	Características de Medición	Factores que lo componen
Técnicos (CT)	Conexión a la Red (CNK)	Cualitativo	<i>Sobretensiones, líneas de transmisión adicionales, Pérdidas de transmisión y distribución, Intermittencia en la generación, Interrupciones en el vertido, Facilidades de conexión, Distancia de líneas eléctricas</i>
	Geolocalización (GEO)	Cualitativo	<i>Ubicación geográfica del sitio, Recurso Solar disponible, Superficie del área, Performance Ratio, Angulo de Inclinación, Orientación del lugar</i>
	Pérdida de Potencia Anual (APL)	Cualitativo	<i>Pérdida de potencia de salida anual por degradación de los módulos</i>
	Funcionabilidad del Sistema (FUS)	Cualitativo	<i>Limitaciones técnicas y operacionales, Fiabilidad del sistema, Degradación del Sistema, Exceso de Energía, Elementos de Seguridad del Sistema</i>
Económicos (CE)	Costes Económicos (EC)	Cuantitativo	<i>Costes de Operación, Costes de Inversión, Costes de Mantenimiento, Costes de la Electricidad suministrada por la red, Ahorros en las pérdidas de transmisión</i>
	Barreras Económicas (EB)	Cualitativo	<i>Barreras de la Financiación, Barreras en la contratación</i>
	Incentivos y Rentabilidad Económica (IEP)	Cualitativo	<i>Posibles Ayudas y desgravaciones fiscales, Ingresos adicionales por posible reducción de emisiones, Tasa Interna de análisis de rentabilidad TIR, Valor Agregado Neto VAN</i>
Medioambientales (CM)	Impactos Físicos del Terreno (PIG)	Cualitativo	<i>Disponibilidad de la superficie, Entorno</i>
	Viabilidad Medioambiental (EV)	Cualitativo	<i>Impacto Ambiental, Reducción de Gases de efectos Invernadero y otros gases, Reciclado al final de la vida útil</i>
Sociales (CS)	Empleo Generado (GE)	Cuantitativo	<i>Empleo Generado en la fase de construcción, Empleo Generado en la fase de operación, Empleo Generado en la fase de desmantelamiento y reciclado</i>
	Marco Normativo (RE)	Cualitativo	<i>Marco Normativo</i>
	Percepción Política de la Población (SPP)	Cualitativo	<i>Aceptación de la comunidad y Equidad Percibida, Percepción de la información, Impactos Sociopolíticos, Mitigación de la Pobreza y reducción de las desigualdades,</i>
	Viabilidad Socio-Económico (SV)	Cualitativo	<i>Fomento del Ahorro energético y Conciencia hacia problemas ambientales, Desarrollo de la Infraestructura Local, Producción de bienes y servicios, Desarrollo Económico</i>
	Servicio del Suministro Eléctrico (ESS)	Cualitativo	<i>Utilización de la Energía, Capacidad de Suministros en mercados locales, Grado de Satisfacción del Usuario, Cobertura de la demanda</i>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.3: Parámetros que determinan el tamaño pequeño y mediano de un sistema fotovoltaico de generación distribuida, por sus siglas en ingles.

Criterio	Sub-criterios	Características de Medición	Factores que lo componen
Técnicos (CT)	Conexión a la Red (CNK)	Cualitativo	<i>Sobretensión, Líneas de Transmisión adicionales, Pérdidas de Trasmisión y distribución de transporte, Topología de la red de distribución y condiciones de las líneas y subestaciones, Perturbaciones en la red, Distancia a subestaciones de transformación</i>
	Geolocalización (GEO)	Cualitativo	<i>Ubicación geográfica, recurso solar disponible, superficie del sitio, Performance ratio</i>
	Eficiencia de potencia del sistema (SPE)	Cualitativo	<i>Pérdida de potencia de salida anual por degradación de los módulos, Flujo de potencia, Eficiencia de conversión eléctrica</i>
	Funcionabilidad del Sistema (FUS)	Cualitativo	<i>Limitaciones técnicas y operacionales, Fiabilidad del sistema, Degradación del Sistema, Exceso de Energía, Elementos de Seguridad del Sistema</i>
Económicos (CE)	Costes Económicos (EC)	Cuantitativo	<i>Costes de Operación, Coste de Inversión, Costes de Mantenimiento, Coste de electricidad suministrada por la red, Precio del Suelo,</i>
	Barreras Económicas (EB)	Cualitativo	<i>Barreras de la Financiación, Barreras en la contratación</i>
	Incentivos y Rentabilidad Económica (IEP)	Cualitativo	<i>Posibles Ayudas y desgravaciones fiscales, Ingresos adicionales por posible reducción de emisiones, Tasa Interna de análisis de rentabilidad TIR, Valor Agregado Neto VAN</i>
Medioambientales (CM)	Impactos Físicos del Terreno (PIG)	Cualitativo	<i>Restricciones Naturales en la topografía del terreno, Pérdida de tierras cultivables, Condiciones del viento</i>
	Viabilidad Medioambiental (EV)	Cualitativo	<i>Impacto Ambiental, Reducción de Gases de efectos Invernadero y otros gases, Reciclado al final de la vida útil, Impactos sobre el Ecosistema;</i>
Sociales (CS)	Empleo Generado(GE)	Cuantitativo	<i>Empleo Generado en la fase de construcción, Empleo Generado en la fase de operación, Empleo Generado en la fase de desmantelamiento y reciclado</i>
	Marco Normativo (RE)	Cualitativo	<i>Marco Normativo</i>
	Percepción Política de la Población (SPP)	Cualitativo	<i>Aceptación de la comunidad y Equidad Percibida, Percepción de la información, Impactos Sociopolíticos, Mitigación de la Pobreza y reducción de las desigualdades, Percepción Social Negativa, Distancia del Proyecto de la Población</i>
	Viabilidad Socio-Económico (SV)	Cualitativo	<i>Fomento del Ahorro energético y Conciencia hacia problemas ambientales, Desarrollo de la Infraestructura Local, Producción de bienes y servicios, Desarrollo Económico, Tejido Industrial de la Zona</i>
	Servicio del Suministro Eléctrico (ESS)	Cualitativo	<i>Utilización de la Energía, Capacidad de Suministros en mercados locales, Grado de Satisfacción del Usuario, Cobertura de la demanda</i>

Tabla 4.4: Parámetros que determinan el tamaño a gran escala de un sistema fotovoltaico de generación distribuida, según sus siglas en ingles.

4.3 Resultado del tamaño óptimo de las ISF distribuidas

Aplicando los pasos que definen el método ANP-TOPSIS (figura 3.5), se obtienen los resultados del tamaño óptimo de las instalaciones fotovoltaicas en sistemas de generación distribuida según a los sistemas fotovoltaicos de pequeña/mediana y gran escala al que pertenecen (Guerrero-Liquet et al, 2018).

Los datos de los sub-criterios cuantitativos: costes económicos (EC) y el empleo generado (GE) han sido obtenidos a través de la Agencia de Energía (IRENA, 2018). El resto de sub-criterios son de carácter cualitativo y su valoración se estableció a partir de las respuestas dadas por los expertos en la última etapa de los cuestionarios.

4.3.1 Resultados en sistemas de pequeña y mediana escala

Para obtener el peso de los sub-criterios del tamaño pequeño y mediano de los sistemas fotovoltaicos con generación distribuida, se realizaron dos etapas de cuestionario a cada uno de los 5 expertos (Ver anexos, 9.1 cuestionarios de la investigación cap. 4 pequeña y mediana escala).

Se aplican los pasos 2 y 3 de ANP-TOPSIS. En esta etapa se analiza la consistencia de cada uno de los expertos. El resultado de los pesos nos ayuda a evaluar las alternativas en los siguientes pasos (estos resultados se presentan en detalle en la tabla 4.5).

<i>Sub-criterio</i>	<i>Experto 1</i>	<i>Experto 2</i>	<i>Experto 3</i>	<i>Experto 4</i>	<i>Experto 5</i>
<i>CNK</i>	0.078	0.037	0.065	0.020	0.064
<i>GEO</i>	0.105	0.174	0.094	0.197	0.130
<i>APL</i>	0.011	0.019	0.021	0.018	0.021
<i>FUS</i>	0.059	0.037	0.029	0.022	0.022
<i>EC</i>	0.094	0.077	0.114	0.123	0.092
<i>EB</i>	0.035	0.132	0.033	0.097	0.057
<i>IEP</i>	0.067	0.058	0.066	0.033	0.074
<i>PIG</i>	0.155	0.128	0.126	0.023	0.061
<i>EV</i>	0.100	0.131	0.080	0.017	0.187
<i>GE</i>	0.059	0.013	0.042	0.071	0.007
<i>RE</i>	0.127	0.089	0.207	0.018	0.180
<i>SPP</i>	0.018	0.023	0.026	0.236	0.040
<i>SV</i>	0.028	0.073	0.055	0.118	0.028
<i>ESS</i>	0.063	0.011	0.042	0.007	0.038
<i>Total</i>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 4.5: Resultado del peso de los sub-criterios de los sistemas fotovoltaicos distribuidos de pequeño y mediano tamaño

Según nos muestra la tabla 4.5 para el experto 1 el sub-criterio con mayor peso son los impactos físicos del terreno (PIG), para el experto 2 el sub-criterio con mayor peso es la geolocalización (GEO), para el experto 3 el sub-criterio con mayor peso es el empleo generado (GE), para el experto 4 el sub-criterio con mayor peso es la percepción política de la población (SPP) y para el experto 5 el sub-criterio con mayor peso es la viabilidad medioambiental (EV). Los criterios medioambientales y los criterios sociales tienen una relevancia preponderante con respecto a los otros dos criterios.

Para determinar las alternativas, tenemos un rango de tamaño de 5kWp a 5 MWp de acuerdo con el tamaño pequeño y mediano que hemos determinado de los sistemas fotovoltaicos. Para cubrir el rango de tamaño completo, se agrega 1 GWp de potencia. Las siguientes cuatro escalas han sido ponderadas como alternativas:

- **Alternativa 1 (AS1):** 200000 sistemas fotovoltaicos con 5 kWp de potencia. Estas instalaciones estarían ubicadas en viviendas multifamiliares para autoconsumo.
- **Alternativa 2 (AS2):** 2000 sistemas fotovoltaicos con 500 kWp de potencia. Estas instalaciones estarían ubicadas en los techos y áreas de estacionamiento de empresas medianas.
- **Alternativa 3 (AS3):** 1000 sistemas fotovoltaicos de 1 MWp de potencia. Instalaciones ubicadas en cubiertas y aparcamientos de grandes empresas con una superficie superior a 5000 metros cuadrados.
- **Alternativa 4 (AS4):** 200 sistemas fotovoltaicos con 5 MWp de potencia. Instalaciones ubicadas en áreas industriales que contengan la superficie necesaria de acuerdo con la normativa establecida.

Los resultados de la matriz de decisión se pueden ver en el capítulo de anexos (ver anexos 9.2 tabla de cálculos cap. 4, pequeña y mediana escala). Se aplican los siguientes pasos que definen el método ANP-TOPSIS, para obtener el valor de las alternativas, el resultado final se muestra en la figura 4.7.

En la figura 4.7 se muestra que el experto 2 le otorga mayor valoración a la alternativa AS3, el experto 4 otorga mayor valoración a la alternativa AS2 y el experto 5 otorga la mayor valoración a la alternativa AS4. Estos expertos no tienen ninguna coincidencia entre ellos en ninguno de los cuatro puestos de alternativas.

Sin embargo, el experto 1 y 3 coinciden de forma unánime en el orden de prioridad de las alternativas. $AS1 > AS2 > AS3 > AS4$ es el orden de alternativas en el que coinciden, por tanto, según este resultado el tamaño óptimo de pequeña y mediana escala de los sistemas fotovoltaicos que predomina es: 2000 sisemas fotovoltaicos con 5 kWp.

Figura 4.7: Resultados del tamaño en sistemas fotovoltaicos de pequeña y mediana distribución, Fuente: (Elaboración Propia)

4.3.2 Resultados en sistemas de gran escala

El mismo procedimiento se aplica ahora al grupo de gran tamaño, donde se utiliza un rango de tamaño de 5 MW a 333 MW. El resultado de los pesos se muestra en la tabla 4.6. Los demás resultados de la matriz de decisión se pueden ver en el capítulo de anexos (ver anexos 9.2 tabla de cálculos cap. 4.), cálculos obtenidos para el problema planteado a gran escala.

<i>Sub-criterio</i>	<i>Experto 1</i>	<i>Experto 2</i>	<i>Experto 3</i>	<i>Experto 4</i>	<i>Experto 5</i>
<i>CNK</i>	<i>0.065</i>	<i>0.046</i>	<i>0.063</i>	<i>0.040</i>	<i>0.071</i>
<i>GEO</i>	<i>0.165</i>	<i>0.118</i>	<i>0.146</i>	<i>0.171</i>	<i>0.180</i>
<i>SPE</i>	<i>0.017</i>	<i>0.045</i>	<i>0.013</i>	<i>0.003</i>	<i>0.048</i>
<i>FUS</i>	<i>0.034</i>	<i>0.084</i>	<i>0.025</i>	<i>0.013</i>	<i>0.020</i>
<i>EC</i>	<i>0.076</i>	<i>0.083</i>	<i>0.180</i>	<i>0.132</i>	<i>0.084</i>
<i>EB</i>	<i>0.065</i>	<i>0.131</i>	<i>0.039</i>	<i>0.040</i>	<i>0.043</i>
<i>IEP</i>	<i>0.079</i>	<i>0.062</i>	<i>0.027</i>	<i>0.033</i>	<i>0.087</i>
<i>PIG</i>	<i>0.147</i>	<i>0.039</i>	<i>0.135</i>	<i>0.034</i>	<i>0.124</i>
<i>EV</i>	<i>0.094</i>	<i>0.098</i>	<i>0.108</i>	<i>0.023</i>	<i>0.111</i>
<i>GE</i>	<i>0.067</i>	<i>0.112</i>	<i>0.063</i>	<i>0.236</i>	<i>0.008</i>
<i>RE</i>	<i>0.085</i>	<i>0.030</i>	<i>0.024</i>	<i>0.011</i>	<i>0.163</i>
<i>SPP</i>	<i>0.011</i>	<i>0.029</i>	<i>0.112</i>	<i>0.209</i>	<i>0.016</i>
<i>SV</i>	<i>0.025</i>	<i>0.029</i>	<i>0.051</i>	<i>0.045</i>	<i>0.007</i>
<i>ESS</i>	<i>0.072</i>	<i>0.093</i>	<i>0.014</i>	<i>0.009</i>	<i>0.038</i>
<i>Total</i>	<i>1.00</i>	<i>1.00</i>	<i>1.00</i>	<i>1.00</i>	<i>1.00</i>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.6: Resultado del peso de los sub-criterios de los sistemas fotovoltaicos distribuidos a gran escala

La tabla 4.6 nos muestra que en este caso para el experto 1 el sub-criterio con mayor peso es la geolocalización (GEO), para el experto 2 el sub-criterio con mayor peso son las barreras económicas (EB), para el experto 3 el sub-criterio con mayor peso es el coste económico (EC), para el experto 4 el sub-criterio con mayor peso es el empleo generado (GE) y para el experto 5 el sub-criterio con mayor peso es la geolocalización (GEO). Por lo tanto, en esta gran escala a diferencia de la escala pequeña/mediana los criterios relevantes son el económico y el técnico.

Las siguientes cuatro escalas son las ponderadas como alternativas:

- **Alternativa 1 (AL1):** 50 parques solares con 20 MWp de energía ubicados en terrenos cercanos a la ciudad con distribución de espacio.
- **Alternativa 2 (AL2):** 20 sistemas fotovoltaicos con 50 MWp de potencia distribuidos entre parques solares y pequeñas centrales de energía de acuerdo con las normativas establecidas.
- **Alternativa 3 (AL3):** 10 centrales eléctricas con 100 MWp de potencia en lugares que cumplan con la superficie y las restricciones requeridas.
- **Alternativa 4 (AL4):** 3 centrales eléctricas con 333 MWp de potencia que contemplan la mejor ubicación disponible y cumplen con las regulaciones establecidas.

CAPITULO 4. OPTIMIZACIÓN DEL TAMAÑO DE ISF CONECTADA A RED

El valor final de cada alternativa que representa el tamaño de los sistemas fotovoltaicos a gran escala para cada experto se muestra en la figura 4.8.

Figura 4.8: Resultados del tamaño en sistemas fotovoltaicos distribuidos a gran escala, Fuente:
(Elaboración Propia)

En los resultados obtenidos en esta escala tenemos mayor número de coincidencias entre los expertos. El experto 2 otorgan la mayor valoración a la alternativa AL3 y el experto 3 otorga la mayor valoración a la alternativa AL2. Los expertos 1, 4 y 5 coinciden de forma unánime en el orden de prioridad de las alternativas. $AL1 > AL2 > AL3 > AL4$ es el orden de alternativas en el que coinciden, por tanto, según este resultado el tamaño óptimo de gran escala de los sistemas fotovoltaicos que predomina es: 50 parques solares con 20 MWp.

4.3.3 Análisis comparativo

La comparación de los resultados obtenidos de las alternativas se muestra en la tabla 4.7 para ambos casos: tamaño pequeño-mediano y grande, donde se presenta la clasificación de cada uno de los expertos y la tendencia que finalmente prevalece.

	<i>Ranking del caso de pequeña y mediana escala</i>	<i>Ranking del caso a gran escala</i>
<i>Experto 1</i>	$AS1 > AS2 > AS3 > AS4$	$AL1 > AL2 > AL3 > AL4$
<i>Experto 2</i>	$AS3 > AS4 > AS1 > AS2$	$AL3 > AL2 > AL4 > AL1$
<i>Experto 3</i>	$AS1 > AS2 > AS3 > AS4$	$AL2 > AL3 > AL1 > AL4$
<i>Experto 4</i>	$AS2 > AS1 > AS3 > AS4$	$AL1 > AL2 > AL3 > AL4$
<i>Experto 5</i>	$AS4 > AS3 > AS2 > AS1$	$AL1 > AL2 > AL3 > AL4$

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.7: Ranking de alternativas según la organización de los expertos

Evidentemente, la tendencia en la que los expertos están más de acuerdo es la $A1 > A2 > A3 > A4$, siendo el experto 1 el más consistente con esta tendencia. Sólo el experto 2 no sigue la tendencia. Es importante tener en cuenta que ninguna otra tendencia se repite entre los expertos.

La alternativa predominante es, por lo tanto, 50 parques solares de 20 MWp de potencia cada uno para el grupo a gran escala y 200000 instalaciones pequeñas de 5kWp para el grupo pequeño y mediano, en ambos casos se selecciona el tamaño más pequeño dentro del rango disponible. Estos resultados sugieren que la energía instalada de sistemas fotovoltaicos con una generación distribuida mejor optimizada es la que tiene el menor tamaño. Para confirmar esta tendencia y la solidez de los resultados, llevamos a cabo un análisis de sensibilidad que se muestra y analiza en el siguiente sub-capítulo de esta tesis.

4.3.4 Análisis de sensibilidad

Los resultados obtenidos del análisis directo de ANP-TOPSIS muestran que los resultados son bastante consistentes para todos los expertos. En este sub-capítulo, analizaremos la solidez de estos resultados frente a cambios y errores, tanto en la evaluación de alternativas como en los pesos relativos asignados a cada uno de los sub-criterios por cada uno de los expertos (Guerrero-Liquet et al, 2018).

Para ello, modelamos el problema en Matlab para introducir variaciones porcentuales en los valores proporcionados por los expertos en cada uno de los 14 sub-criterios que componen las cuatro alternativas diferentes propuestas, tanto para los casos de plantas solares pequeñas y medianas como

para las grandes. Por lo tanto, simulamos errores que los expertos podrían haber cometido al evaluar el valor asignado a cada uno de los sub-criterios en cada una de las alternativas.

De esa manera, no solo determinamos la solidez de la decisión y del método utilizado para alcanzarla, sino que también identificamos los puntos débiles y los sub-criterios más sensibles cuyo valor podría ser necesario verificar dos veces.

Dada la estructura del método de decisión de ANP-TOPSIS, el análisis de variación porcentual es el mismo para los pesos relativos finales asignados a cada uno de los sub-criterios y para los valores proporcionados para cada alternativa.

En el método ANP-TOPSIS, los pesos finales normalizados obtenidos después de correlacionar los criterios y los sub-criterios, se multiplican por el valor normalizado correspondiente de cada sub-criterio en cada alternativa. Esto significa particularmente que cualquier variación producida en cualquiera de las alternativas se extenderá y difundirá a todos los pesos cuando se aplique el procedimiento de normalización.

Hemos ampliado las variaciones hasta el 1000% de error para mostrar, por un lado, los cambios reales y, por otro, la extrema robustez del método ANP-TOPSIS, ya que es muy poco probable que se produzca un error de semejante magnitud. En particular, el error más pequeño para el cual aparece un cambio en la alternativa ideal es el 33% para el experto 1.

Solo tres de las variaciones producen un cambio dentro del error del 100%, lo que muestra la solidez del método. Tales cambios aparecen en expertos para los cuales la solución difería de la solución común $A1 > A2 > A3 > A4$, y la tendencia es que los cambios inducidos por errores se desvíen hacia esta solución $A1 > A2 > A3 > A4$.

La figura 4.9 muestra la variación porcentual de peso o alternativa en la que cambia la solución ideal original. Los resultados se muestran para las variaciones en cada uno de los sub-criterios y para cada uno de los expertos.

Además, correlacionar las alternativas con las ponderaciones significa que no importa dónde se produce el error, los resultados que se muestran en la figura son válidos y equivalentes para ambas variaciones introducidas en las ponderaciones y las alternativas.

La diferencia es que aquí todos los otros pesos (o alternativas) pueden tener un error igual o menor que el que se está analizando. Para ello, se calculan y promedian 1000 realizaciones de errores aleatorios para cada uno de los porcentajes, para obtener cómo la solución ideal cambia con el error.

a)

b)

Figura 4.9: Promedio de 1000 realizaciones de variación porcentual de los sub-criterios individuales junto con errores aleatorios en todos los demás sub-criterios de tamaño igual o menor que la variación porcentual en los sub-criterios considerados. Cada punto muestra el porcentaje en el que su solución ideal cambia para el caso de los sistemas fotovoltaicos distribuidos de pequeña y mediana escala (a) y gran escala (b), Fuente: (Elaboración Propia)

Con este análisis, obtenemos información sobre la influencia que cada uno de los pesos tiene en la solución final. Sin embargo, también es instructivo estudiar la posibilidad de errores comunes. Por esta razón hemos realizado nuevamente este análisis de sensibilidad variando cada uno de los pesos agregando un error, en este caso hasta el 100%.

El porcentaje en el que cambia la solución ideal se representa en el mapa de calor en la figura 4.10. Vemos que para la mayoría de los sub-criterios, es necesario un error superior al 100% en todos los sub-criterios para ver un cambio en la solución ideal. Además, en cualquier caso, dicho error debe ser superior al 15%. Esto demuestra una vez más la robustez del método que hemos empleado y la fiabilidad de los resultados obtenidos.

a)

b)

Figura 4.10: Variación porcentual de las ponderaciones de los sub-criterios individuales en las que la solución ideal cambia para el caso de sistemas fotovoltaicos distribuidos de pequeña y mediana escala (a) y gran escala (b), Fuente: (Elaboración Propia)

Este análisis muestra también el grado de interrelación existente entre los sub-criterios, lo que demuestra que, salvo el sub-criterio tres (APL) o (SPE), la sensibilidad a los errores en los otros sub-criterios produce un cambio en la solución ideal para todos los expertos.

La elección de las interrelaciones por los expertos que lleva a los pesos relativos está bien justificada, ya que las interrelaciones ya se tienen en cuenta y no ejercen más influencia. En ese sentido, el análisis de sensibilidad demuestra que los resultados obtenidos a través del grupo de expertos son sólidos.

La robustez proviene principalmente del hecho de que cualquier error que se produce en un sub-criterio se normaliza y, por lo tanto, pierde su esencia cuando se implementa todo el método ANP-TOPSIS. De hecho, si el error se introduce en más de una de las alternativas (ponderaciones), los resultados muestran que la variación porcentual necesaria para ver un cambio en la solución ideal aumenta para la mayoría de los sub-criterios.

Las correlaciones entre los sub-criterios no parecen ser significativas y solo son relevantes cuando coincide que ambos pesos son similares y que ambos corresponden a un máximo o mínimo en la distancia a la solución ideal. En general, esto significa que las posibles correlaciones tienden a reforzar la solución final en lugar de cambiarla, de nuevo debido al procedimiento de normalización introducido.

El experto 3 en el caso de gran escala merece especial atención, siendo el único que muestra una sensibilidad extrema a las variaciones. De hecho, todas las distancias a la solución ideal para este experto están dentro de un margen estrecho. Por lo tanto, significa que para este experto sería necesario un mayor número de preguntas para aclarar la respuesta. De hecho, el análisis que se acaba de mostrar demuestra la capacidad del método ANP-TOPSIS para aprender de los expertos y enfocar la atención en los sub-criterios débiles los cuales podrían requerir de preguntas adicionales.

En conclusión, el análisis de sensibilidad muestra que las soluciones son resistentes a los errores tanto en la valoración de las alternativas como en la comparación de la importancia relativa de los diferentes sub-criterios, y demuestra las capacidades y el poder del método ANP-TOPSIS.

4.3.5 Discusión y análisis de los resultados

Como se muestra en este estudio las plantas fotovoltaicas de generación distribuida se pueden definir a través de la capacidad instalada. Con la capacidad deseada, las ISF conectadas a la red pueden construirse con módulos cuyo tamaño varía desde pequeñas instalaciones domésticas hasta enormes parques solares.

Además, cualquier sistema individual instalado siempre puede ampliarse, beneficiándose así de las inversiones anteriores en la misma ubicación debido a la flexibilidad de la tecnología. Por lo tanto, el tamaño del sistema es, a diferencia de otras tecnologías energéticas, un parámetro gratuito que los interesados (incluidos los usuarios finales, los inversores y los responsables de la formulación de políticas) tienen que decidir por sí mismos con pocas limitaciones técnicas y escasas restricciones.

En este capítulo, hemos presentado una posible clasificación de los diferentes tamaños de módulos fotovoltaicos según la capacidad de potencia y el lugar de instalación objetivo. Desde pocos kW hasta MW y desde instalaciones privadas, en su mayoría en viviendas unifamiliares, hasta tamaño industrial y plantas solares grandes.

Determinar el tamaño óptimo del módulo para una capacidad de potencia dada es un problema altamente no trivial, donde se pueden asignar varios parámetros técnicos, socioeconómicos y ambientales a cada tamaño. Se prueba una metodología de decisión multi-criterio para obtener la decisión óptima sobre el tamaño del sistema en términos de los mejores impactos socioeconómicos.

CAPITULO 4. OPTIMIZACIÓN DEL TAMAÑO DE ISF CONECTADA A RED

Para ello, se han entrevistado a un panel de expertos para asignar los parámetros socioeconómicos y ambientales cualitativos y cuantitativos a diferentes sistemas fotovoltaicos según su tamaño, por ejemplo, la cantidad de nuevos empleos creados o el impacto físico en el terreno.

Una vez que se seleccionan los criterios de decisión y los pesos correspondientes asignados, aplicamos una combinación de métodos de decisión de varios criterios ANP y TOPSIS para evaluar los diferentes ISF conectados a la red y obtener la mejor solución dentro de cada grupo de tamaño.

Además, hemos implementado un análisis de sensibilidad y robustez del método mediante la realización de un estudio de correlación cruzada y error que indica que la solución propuesta es robusta, que no existe una correlación superflua entre los parámetros y que la metodología en sí misma se construye de manera que los posibles errores tienden a suavizarse y se vuelven relativamente irrelevantes.

Capítulo 5

5. GESTIÓN DE RIESGOS EN ISF CONECTADAS A RED

En este capítulo se examinan los instrumentos de gestión de riesgos que se aplican a las ISF y se crea un modelo de actuación que genera mayor confianza a los inversores a partir de la combinación de métodos de decisión multi-criterio.

Se identifican los riesgos que pueden afectar a las Instalaciones Solares Fotovoltaicas (ISF) y las implicaciones relacionadas con las inversiones y la rentabilidad de las mismas. Para ello, se aplican tanto técnicas de búsqueda de la información (Delphi y Checklist) como técnicas de diagramas como (el diagrama de espina de pescado y DAFO).

Posteriormente, se realiza un análisis cualitativo de los riesgos para evaluar las probabilidades de ocurrencia y un análisis cuantitativo de los riesgos para obtener la rentabilidad de las ISF. En cada fase del modelo se presentan casos de estudios, que demuestran la oportunidad que brindan las ISF para lograr una transición hacia un sistema energético que sea económico y ambientalmente sostenible. Todo ello partiendo de opiniones o juicios de expertos fiables y robustos. De esta manera, se contribuye a modernizar el proceso de gestión de riesgos que se aplica actualmente en un proyecto de este tipo.

5.1	Gestión de riesgos en proyectos.....	114
5.2	Identificación de riesgos en ISF conectadas a red.....	121
5.3	Análisis cualitativo de riesgos en ISF conectadas a red.....	140
5.4	Análisis cuantitativo de riesgos en ISF conectadas a red	149

5.1 Gestión de riesgos en proyectos

La gestión 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.

Los objetivos de la gestión de riesgos son aumentar la probabilidad y el impacto de eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el impacto de eventos negativos para el proyecto (PMBOK, 2017).

La gestión de los riesgos del proyecto incluye no sólo los procesos relacionados con llevar a cabo labores de planificación, identificación, análisis y respuesta de los riesgos, sino también la monitorización y control del proyecto. En el análisis intervienen diferentes pasos que abarcan técnicas y herramientas que interactúan entre sí para obtener un proceso de gestión con respuestas para tales riesgos.

Figura 5.1: Proceso de gestión de riesgo continua, Fuente: (Barato, 2010)

La figura recoge el modelo utilizado actualmente para realizar el proceso de gestión de riesgos, éste consta de los siguientes pasos (PMBOK, 2017):

1. **Planificar la gestión de riesgos:** proceso por el cual se define cómo realizar las actividades de gestión de los riesgos para un proyecto.
2. **Identificación de riesgos:** determinar los riesgos que pueden afectar el proyecto y documentar sus características.
3. **Análisis cualitativo de riesgos:** proceso que consiste en priorizar los riesgos para realizar otros análisis o acciones posteriores, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia y el impacto de dichos riesgos.

4. **Análisis cuantitativo de riesgos:** proceso que consiste en analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto.
5. **Planificar la respuesta a los riesgos:** proceso por el cual se desarrollan opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto.
6. **Monitorizar y controlar los riesgos:** proceso por el cual se implementan planes de respuesta a los riesgos, se rastrean los riesgos identificados, se monitorizan los riesgos residuales y se evalúa la efectividad del proceso a través del proyecto.

En este capítulo de la Tesis Doctoral se realizan aportes metodológicos e innovadores concretamente en los pasos 2, 3 y 4 del proceso de gestión de riesgos, debido a esto nos enfocamos directamente en desarrollar el proceso de estos tres pasos, que se detallan a continuación.

La identificación de riesgos tiene como objetivo proporcionar información sobre el riesgo específico en cuestión y debe responder a la necesidad de diferentes tipos de usuarios involucrados en los procesos de toma de decisiones (Colli et al, 2009). La guía (PMBOK, 2017) establece los pasos que se deben cumplir para identificar los riesgos en un proyecto. Estos pasos son la base del modelo propuesto.

Entre las personas que participan en la identificación se pueden incluir: el director del proyecto, los miembros del equipo del proyecto, el equipo de gestión de riesgos (si está asignado), clientes, expertos en la materia externos al equipo del proyecto, usuarios finales, otros directores del proyecto, interesados y expertos en gestión de riesgos (PMBOK, 2017).

El análisis cualitativo establece prioridades para la planificación de la respuesta a los riesgos. El proceso debe ser revisado durante el ciclo de vida del proyecto para mantenerlo actualizado con respecto a los cambios en los riesgos del proyecto.

Realizando un análisis cualitativo de los riesgos de un proyecto, se actualiza la información del registro de los riesgos obteniendo: una lista de prioridades de riesgos, lista de riesgos que requieren respuesta a corto plazo, lista de riesgos que requieren análisis y respuesta adicionales y listas de supervisión para riesgos de baja prioridad.

Las acciones más representativas del proceso de análisis cualitativo en la gestión de riesgos según la guía PMBOK son la evaluación de probabilidad e impacto de los riesgos y la evaluación de urgencia de los riesgos.

Dichas acciones no se repiten en ninguna otra etapa del proceso de la gestión de riesgos. La primera acción estudia la ocurrencia de cada riesgo específico e investiga el efecto potencial de los mismos sobre un objetivo del proyecto.

Los riesgos pueden evaluarse en entrevistas o reuniones con participantes seleccionados por su familiaridad con la agenda del proyecto. Entre ellos, se incluyen los miembros del equipo del proyecto y expertos que no pertenecen al proyecto (PMBOK, 2017).

En cambio, la evaluación de urgencia de los riesgos se determina a partir de los resultados de la evaluación de probabilidad e impacto para obtener la severidad del riesgo. En esta etapa la urgencia se evalúa tomando en cuenta la prioridad de atención en términos de tiempo, coste, rendimiento y gravedad de los riesgos.

Por otro lado está el análisis cuantitativo de los riesgos que consiste en analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales de un proyecto. Se utiliza para asignar a los riesgos una calificación numérica individual o para evaluar el efecto acumulativo de todos los riesgos que afectan al proyecto (PMBOK, 2017).

La evaluación se clasifica según su importancia y según el impacto y la probabilidad de que se produzcan. Así mismo, los métodos cuantitativos se pueden clasificar en dos grupos principales; los métodos de predicción de series y el método de la casualidad de previsión. Entre los que se encuentran el método o cadena de Markov, el modelo gris y las redes neuronales, el análisis de escenarios, el método de regresión y las redes bayesianas (Marhavidas & Koulouriotis, 2012).

Para efectuar un análisis cuantitativo del riesgo en un proyecto se utilizan diferentes modelos que traducen las incertidumbres detalladas en su impacto potencial sobre los objetivos del mismo. Las estimaciones se realizan habitualmente utilizando diferentes técnicas: análisis de sensibilidad, simulación de Monte Carlo, análisis del valor monetario, análisis de escenario, toma de decisiones, etc. (PMBOK, 2017).

Existe una diferencia en el ámbito de los criterios al evaluar los efectos de las opciones en cuanto a si los criterios han de evaluarse cuantitativa o cualitativamente y si la evaluación se realiza en el marco de un proceso de estimación o de previsión (Mena et al, 2014).

La disponibilidad de tiempo y presupuesto, así como la necesidad de valoraciones cualitativas o cuantitativas acerca de los riesgos y sus impactos, determinarán qué métodos emplear para un proyecto en particular (PMBOK, 2017).

El análisis cuantitativo permite llevar a cabo las siguientes tareas: cuantificar los resultados del proyecto y sus probabilidades, evaluar la sensibilidad del proyecto frente a los riesgos y sus componentes, evaluar la probabilidad de lograr los objetivos específicos del proyecto y las consecuencias, valorar los riesgos que requieren una mayor atención frente a los cuales el proyecto es más sensible, identificar objetivos realistas y viables y adoptar la mejor decisión para la gestión de proyectos cuando algunas condiciones son inciertas.

Existen cuatro componentes principales que dan como resultado el análisis cuantitativo de los riesgos (PMBOK, 2017):

1. **Probabilidad de alcanzar los objetivos:** con los riesgos que afronta el proyecto, se puede estimar la probabilidad de alcanzar los objetivos del proyecto utilizando los resultados del análisis.
2. **Análisis probabilístico del proyecto:** se realizan estimaciones de los resultados potenciales, enumerando las conclusiones y los costes posibles con sus niveles de confianza asociados.
3. **Lista priorizada de riesgos cuantificados:** incluye los riesgos que representan la mayor amenaza o presentan la mayor oportunidad para el proyecto.
4. **Tendencias en los resultados del análisis cuantitativo de riesgos:** conforme se repite el análisis, puede hacerse evidente una tendencia que lleve a conclusiones que afecten las respuestas a los riesgos.

Las técnicas comúnmente usadas abarcan tanto los análisis orientados a eventos como los orientados a proyectos, e incluyen (PMBOK, 2017):

- **Análisis de sensibilidad:** este método evalúa el grado en que la incertidumbre de cada elemento del proyecto afecta al objetivo que está siendo examinado, cuando todos los demás elementos inciertos se mantienen en sus valores.
- **El análisis del valor monetario esperado:** concepto estadístico que calcula el resultado promedio cuando en el futuro se incluyen escenarios que pueden ocurrir o no (es decir, análisis bajo incertidumbre).
- **Simulación de proyecto:** modelo que traduce las incertidumbres detalladas del proyecto en su impacto potencial sobre los objetivos del mismo. Las simulaciones iterativas se realizan habitualmente utilizando la técnica de Monte Carlo.
- **El juicio de expertos:** se requiere para identificar los impactos potenciales de los riesgos y para evaluar la probabilidad de ocurrencia. El juicio de expertos también participa en la interpretación de los datos. Los expertos deben ser capaces de identificar las debilidades de las herramientas, así como sus fortalezas relativas.

5.1.1 Gestión de riesgos en energías renovables

Son muchos los factores económicos, ambientales y políticos que están teniendo efectos significativos en las prácticas de gestión de la energía, lo que lleva a una variedad de incertidumbres a la hora de tomar decisiones (Cai et al, 2009).

Desde el punto de vista energético, una evaluación de riesgos integral en una amplia gama de tecnologías debería considerar un conjunto de indicadores de riesgos que cubran diferentes aspectos y perspectivas.

El aumento de la demanda de energías renovables ha generado un aumento en la financiación e inversión en el sector energético. El éxito de la inversión y financiación en este sector requiere una buena comprensión de las compensaciones entre riesgo y rendimiento ya que, este tipo de riesgo se refleja en el capital de las empresas. Si los retornos esperados por los inversionistas son acordes con el rendimiento del proyecto, este será competitivo con un perfil de riesgo adecuado para los inversionistas (Debyani, 2002).

Sin embargo, el equilibrio entre riesgo y retorno en el sector de las energías renovables es precario. Por ello, en el sector público, los responsables políticos deben prestar atención a cómo afectan las políticas el riesgo de apoyar o financiar proyectos de energías renovables.

En el sector privado, las compañías o empresas de energías renovables suelen ser más sensibles a cualquier problema técnico, por lo tanto, es necesario tener un buen conocimiento también del riesgo financiero y de los factores que afecta (Sadorsky, 2012). Muchos de esos factores deben ser analizados desde una visión holística y sistemática para reducir los riesgos que afectan por ejemplo la rentabilidad de una instalación fotovoltaica.

Una descripción de los diferentes tipos de riesgos que enfrentan los productores en los mercados eléctricos se presentan en (Debyani, 2002), este autor sugiere tres principales zonas de riesgos: riesgos de precio, riesgos técnicos y riesgos financieros.

Otros autores identifican los criterios técnicos y financieros como las principales causas del riesgo en proyectos de energías renovables. Estos autores definen estos criterios de la siguiente manera (Ghosh et al, 2002):

1. **Riesgos técnicos:** incertidumbre de los costes de inversión, operación, mantenimiento y desmantelamiento.
2. **Riesgos financieros:** incluye crédito, tasa de interés, indicadores económicos. También se considera el riesgo que representa la regulación de la incertidumbre causada por los posibles cambios legislativos.

Los factores del riesgo sistemático para las empresas de energía renovable es un tema interesante para discutir, cuya importancia está aumentando impulsado por la inseguridad energética que motiva el cambio climático (Sadorsky, 2012).

Las tarifas garantizadas durante el periodo de amortización de una instalación de energía renovable limitan los riesgos de ingresos y pueden permitir que los operadores tengan acceso a créditos en condiciones más ventajosas que en el caso de inversiones más arriesgadas.

Dado que los gobiernos pueden ofrecer directamente créditos a menor interés a través de bancos públicos, los riesgos financieros pueden ser mitigados con ayuda de políticas gubernamentales como por ejemplo las denominadas tarifas de alimentación (Feed-in). Por tanto, el riesgo regulatorio afecta directamente los riesgos financieros, siendo incluido este tipo de riesgo como un riesgo financiero.

De manera similar, los riesgos técnicos pueden reducirse con proyectos I+D financiados también con fondos públicos con los efectos secundarios de aprendizajes. No obstante, el sector privado también debe hacer esfuerzos para reducir estos riesgos.

Como hemos descrito en el campo de las energías renovables, la gestión de riesgos es un tema clave para lograr los objetivos de sostenibilidad global. Por ello, en los últimos años se ha comenzado a analizar la gestión de riesgos en este sector. A consecuencia de ello, resulta posible encontrar múltiples publicaciones, en el ámbito de la sostenibilidad y las energías renovables, aplicados a la gestión de riesgos (Guerrero-Liquet et al, 2016).

Por citar algunos estudios representativos, cabría mencionar el efectuado por (Sudi et al, 2011) los cuales realizaron un análisis comparativo de la gestión de la energía en riesgos financieros entre países de la Unión Europea y Turquía o el desarrollado por (Mardani et al, 2015) relacionado con la planificación de escenarios, que buscan abordar y poner límites a la incertidumbre.

También en el año 2015, (Arnold & Yildiz, 2015) analizaron el riesgo económico en empresas descentralizadas de energía renovables mientras que, (Frisari & Stadelmann 2015) analizaron los riesgos potenciales de la energía solar en mercados emergentes.

También existen casos de estudios científicos que implementan toma de decisiones en la gestión de riesgos aplicadas a las energías renovables como, por ejemplo: (Lee et al, 2015), aplicaron la metodología AHP para evaluar las características cualitativas de los riesgos de una planta fotovoltaica calculando las prioridades de los riesgos. Estas diferentes publicaciones se muestran de forma detallada en la tabla 5.1.

Autor	Año	Nacionalidad	Título de la publicación	Energía renovable
Sadorsky, P	2012	Canada, Toronto	Modeling renewable energy company risk	Solar, wind, battery storage or fuel cells hydrogen
Mardani A et al.	2015	Malaysia	Sustainable and Renewable Energy: An Overview of the Application of Multiple Criteria Decision Making Techniques and Approaches	-
Sudi A et al.	2011	Istanbul, Turkey	Financial risk management in renewable energy sector: Comparative analysis between the European Union and Turkey	Solar , wind , hydrogen and geothermal
Arnold, U., & Yildiz, O.	2015	Berlin, Germany	Economic risk analysis of decentralized renewable energy infrastructures e A Monte Carlo Simulation approach	Bio-energy plant
Frisari, G.; Stadelmann, M.	2015	Venice, Italy	De-risking concentrated solar power in emerging markets: The role of policies and international finance institutions	Concentrated solar power
Gatzert et al.	2016	Nürnberg, Germany	Risk an risk managment of renewable energy projects: the case of onshore and offshore wind parks	Wind Offshore
Aragones-Beltran P et al.	2010	Valencia, Spain	An ANP-based approach for the selection of photovoltaic solar power plant investment projects	PV Solar
Lee A. H. I et al.	2015	Chung Hua, Taiwan	An Integrated Decision-Making Model for the Location of a PV Solar Plant	PV Solar
González, J. B. C.	2010	Matanzas, Cuba	Evaluation and analysis of improved export authorization service log cultural goods killings	-
Almansa, C. & Martinez-Paz, J. M.	2010	Navarra, Spain	What weight should be assigned to future environmental impacts? A probabilistic cost benefit analysis using recent advances on discounting	Water desalination plant
Markmann C et al.	2012	Wiesbaden, Germany	A Delphi-based risk analysis: Identifying and assessing future challenges for supply chain security in a multi-stakeholder environment	Supply chain security
Liu et al.	2017	Beijing, China	Renewable energy investment risk evaluation model based on system dynamics	All renewable energy
Gersema & Wozabal	2018	München, Germany	Risk-optimized pooling of intermittent renewable energy sources	Wind and solar power
Vinel & Mortaz	2019	New York, USA	Optimal pooling of renewable energy sources with a risk-averse approach: implications for us energy portfolio	Wind and solar power

Fuente: Scindirect, 2019

Tabla 5.1: Revisión de artículos de gestión de riesgos en energías renovables.

5.2 Identificación de riesgos en ISF conectadas a red

Dado que los riesgos existen desde el momento en que se concibe un proyecto, debe haber una elección consciente de los riesgos y perseguir una gestión efectiva durante toda la vida del proyecto. El análisis de la evaluación de riesgos combina diferentes técnicas de gestión, así como entrevistas de proyectos semi-estructuradas para identificar los principales riesgos percibidos en las diferentes fases del proyecto (Burgherr & Hirschberg, 2014).

Una vez realizada la planificación de la gestión de riesgos, se deberán identificar aquellos riesgos que pueden afectar positiva o negativamente a 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 (Guerrero-Liquet et al, 2016).

Realizar una adecuada recopilación de la documentación para abordar la identificación de los riesgos no sólo implica poseer una descripción detallada del proyecto, sino también disponer de información procedente del resto de áreas de gestión del proyecto como son:

1. **Factores ambientales:** base de datos, investigaciones académicas y estudios comparativos.
2. **Activos de procesos organizacionales:** datos reales del proyecto, información de proyectos previos y lecciones aprendidas.
3. **Plan de gestión de riesgos:** asignación de roles y responsabilidades, categorías del riesgo, provisión para las actividades de gestión de riesgos en el presupuesto y en el cronograma.
4. **Plan del proyecto:** plan de trabajo, estimaciones de costes y cronogramas, gestión de calidad y registro de interesados.

El primer paso implica realizar una revisión estructurada de la documentación que refleje, supuestos del proyecto e información histórica de otros proyectos que puedan servir como indicadores en el proyecto.

La novedosa contribución al modelo propuesto por la guía PMBOK llevada a cabo en este capítulo es agregar la toma de decisiones multi-criterio concretamente el Proceso Analítico Jerárquico o AHP, a la etapa de evaluación técnica.

La metodología descrita en la figura 5.2 muestra el modelo que se ha utilizado para la identificación de riesgos después de realizar la planificación de la gestión de riesgos la cual requiere una revisión exhaustiva de la documentación.

Figura 5.2: Diagrama funcional de las técnicas de identificación de riesgos, Fuente: (Elaboración Propia)

Con el objetivo de determinar e identificar los riesgos de las ISF conectadas a la red se recurre a diferentes técnicas recogidas en la guía (PMBOK, 2017) tales como la recopilación de información, el análisis de la lista de verificación, el análisis de escenarios, las técnicas de diagramación y el juicio experto. Dichas técnicas se describen a continuación.

5.2.1 Técnicas de recopilación de la información

Para realizar la etapa de recopilación de información se combinan la técnica Delphi y la técnica Checklist. Estas técnicas se complementan proporcionando una secuencia de forma ordenada que permite, de forma sencilla, verificar el resultado. El punto de partida es la elaboración de la lista de riesgos utilizando metodologías contrastadas como la metodología Delphi (PMBOK, 2017).

La información es recopilada mediante la técnica Delphi a través de la elaboración de un primer cuestionario para un grupo de expertos y un segundo cuestionario basado en los resultados del primero para lograr un consenso entre los expertos (Mulhall & Bryson, 2014). Los expertos del proyecto deben participar en esta técnica de forma anónima e independiente, ya que no pueden interactuar entre sí.

A través de dichos cuestionarios, el tomador de decisiones obtiene la extracción del conocimiento solicitando al grupo de expertos ideas sobre los riesgos importantes del proyecto. Otras técnicas que podrían ser utilizadas en la etapa de recopilación de información son la tormenta de ideas (más conocida por su denominación anglosajona; Brainstorming), las entrevistas o el análisis causal (PMBOK, 2017).

Sin embargo, a diferencia de estos, la técnica Delphi ayuda a reducir el sesgo en los datos y evita que cualquier persona ejerza influencias inapropiadas en el resultado (Mulhall & Bryson, 2014). Aplicaciones de Delphi en gestión de riesgos se pueden encontrar en estudios como: (Almansa & Martínez-Paz, 2011); (Keil et al, 1998) y (Markmann et al, 2012).

El siguiente paso consiste en elaborar una lista que será utilizada como una lista de control de riesgos, ésta debe ser revisada en la fase de cierre del proyecto. Como hoja de verificación se emplea la técnica Checklist la cual se usa para hacer comprobaciones sistemáticas de actividades asegurándose de que no se olvide nada importante.

Checklist se aplica en una segunda ronda de cuestionario utilizado para asegurar y verificar el posible paso previo para analizar los resultados. Es importante realizar una comprobación sistemática que no omita nada relevante. Para ello, se traza una secuencia de forma ordenada que permita, mediante un vistazo rápido, verificar que el resultado es el esperado (Guerrero-Liquet et al, 2016).

En definitiva, la técnica Checklist sirve como registro para llevar un control de lo ocurrido y puede ser revisada con la frecuencia que sea necesaria. Cada riesgo identificado se concibe y se desarrolla tomando como base un grupo de hipótesis y supuestos, se revisa la inexactitud o inconsistencia de estos supuestos explorando la validez de los escenarios que se aplican en el proyecto.

5.2.2 Técnicas de diagramación

Una vez recopilada la información de los expertos la siguiente etapa consiste en realizar diagramas que permitan conectar gráficamente el problema con sus causas principales y secundarias. Dado que con frecuencia no es fácil relacionar las causas de los diferentes riesgos con cualquier problema, es apropiado aplicar técnicas de diagramación tales como los diagramas de causa y efecto (González, 2011) o diagramas DAFO (PMBOK, 2017).

Con el diagrama de causa y efecto se muestra la relación entre una característica de calidad y los factores que la originan. Es una técnica que permite obtener un cuadro detallado y de fácil visualización de las diferentes causas que pueden originar un determinado problema.

Esta técnica es conocida por su simplicidad es también llamada diagrama de Ishikawa o de espina de pescado (González, 2011). La técnica sirve para identificar las posibles causas que afectan el proyecto. Esta técnica no es una herramienta para resolver un problema dado, sino para explicar sus razones, paso previo obligado si se desea corregirlo.

Figura 5.3: Construcción de un diagrama de Ishikawa o espina de pescado, Fuente: (Barato, 2010)

A modo de ejemplo podemos citar a (González, 2011) que en su trabajo “Evaluación y análisis de la mejora del servicio de autorización de exportación del registro de bienes culturales de Matanzas” gestiona el riesgo de satisfacción/insatisfacción del cliente buscando sus causas con un diagrama Ishikawa.

Después se selecciona el experto que con mayor consistencia respondió la etapa anterior para iniciar una nueva etapa de cuestionarios. En esta parte el experto rellena un diagrama de las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO) a partir del diagrama Ishikawa para ampliar el espectro de los riesgos identificados (PMBOK, 2017).

Esta técnica ya se ha aplicado con éxito en el sector de las energías renovables, por ejemplo, en identificar factores críticos en la difusión de la fotovoltaica (Reinsberger et al, 2015). El análisis de las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades DAFO sirve para aumentar el espectro de riesgos identificados.

La técnica comienza mediante la identificación de las fortalezas y debilidades del diseño, enfocándose en la organización del proyecto. Este análisis identifica cualquier oportunidad y amenaza, también examina el grado en el que las fortalezas contrarrestan las amenazas, y las oportunidades que pueden servir para superar las debilidades.

Existen otras técnicas de diagramación que se usan a menudo en esta etapa de la gestión de riesgo de un proyecto como son: el diagrama de flujo y diagrama del árbol (Hook et al, 2009), pero combinando el diagrama de causa y efecto con DAFO, las causas de cada uno de los riesgos quedan claramente definidas e identificadas.

Finalmente, para identificar los riesgos directamente y obtener un coeficiente de importancia de cada uno de estos, se debe realizar la evaluación de juicios. Para abordar esta etapa se recurre al empleo de metodologías de toma de decisiones multi-criterio.

El método que se propone aplicar es el método de decisión multi-criterio, Proceso Analítico Jerárquico (AHP) (Saaty, 2000) por su sencillez y robustez a la hora de resolver un problema como el planteado. Este problema no es complejo simplemente se necesita evaluar la importancia de cada uno de los criterios de forma independiente y priorizarlos. AHP para este caso es perfecto y es un método que permite medir la consistencia de los expertos (Guerrero-Liquet et al, 2016).

Dicha metodología ha sido definida y explicada en el capítulo 3 de la presente Tesis Doctoral. Debido al hecho de que las técnicas de diagramación representan un simple análisis ilustrativo, la combinación con AHP permite que la priorización de los riesgos sea más conmensurable.

A continuación, se presentan y define el entorno de las instalaciones fotovoltaicas a las que aplicamos el modelo estructural planteado (fig. 5.2) para identificar los riesgos en proyectos fotovoltaicos conectados a la red.

5.2.3 Dos casos de estudio: Comparativa entre España y República Dominicana

El modelo será aplicado a dos casos de estudio, concretamente a un proyecto desarrollado en la Región de Murcia (España) y otro en Santo Domingo (República Dominicana). Se analizará el patrón de comportamiento y los resultados obtenidos en el proceso de toma de decisiones con el objetivo de establecer y determinar las prioridades de los riesgos.

España hasta hace menos de un año tenía tasas impositivas para la producción de energía solar fotovoltaica (RD 900/2015) a diferencia de República Dominicana que viene desarrollando un marco legislativo favorable que incentiva la implantación de tecnologías disponibles para aprovechar el potencial energético (Ley 57-07, Comisión Nacional de Energía, 2012).

La literatura identifica en estos países una serie de riesgos como barreras a la inversión que deben ser examinados para desarrollar a mayor velocidad los proyectos de energías renovables (EERR) (Komendantova et al, 2012).

Figura 5.4: Mapas solares de República Dominicana y España, Fuente: (AEMET, 2016 & CNE, 2012)

Se plantea aplicar el modelo de identificación de riesgos planteado en dos países con situación geográfica y legislación diferente para demostrar que se puede optimizar cualquier ISF indistintamente de la situación geográfica o estado en el que se encuentre, durante cualquier etapa del proyecto (diseño, construcción y puesta en marcha) (Guerrero-Liquet et al, 2016b).

5.2.3.1 ISF conectadas en República Dominicana

El sistema de suministro de energía eléctrica en la República Dominicana tiene uno de los índices de pérdidas de distribución más altos del mundo, cercano al 38% en 2010. De acuerdo con el departamento de estado de EE.UU., (ICEX, 2012) los factores responsables de las grandes pérdidas incluyen precios de electricidad altos, cortes de electricidad, inversión inadecuada en aumentos de capacidad y marcos legislativos o regulatorios limitados.

Favorecido por una fuerte voluntad política y una contundente evidencia técnica y científica del potencial de energía renovable del país, el gobierno de la República Dominicana ha desarrollado una ley que establece una sólida base legal para el desarrollo de energía renovable y, de acuerdo a su prólogo, abre la puerta a la financiación comercial en dicho sector a través de incentivos tales como tarifas de alimentación o exenciones impositivas. Dicho marco legislativo ha permitido aumentar la confianza de los inversores y crear un entorno favorable para la planificación de este tipo de inversiones (ICEX, 2012).

El sector bancario dominicano aún carece de la conciencia requerida para financiar la energía renovable, sin embargo, algunas entidades bancarias desean contribuir con el desarrollo sostenible del país apostando por estas tecnologías a través de líneas de financiación especiales para proyectos sostenibles y de eficiencia energética.

Figura 5.5: Definición de sostenibilidad para la financiación en RD, Fuente: (IFC-BHD, 2010)

En la República Dominicana aún existen barreras tales como el alto riesgo de inversión percibida y real o la falta de instrumentos de compensación de riesgos adecuados que impiden el crecimiento sostenible. Además, dado que el país no cuenta con grandes fondos de financiación que aseguren la viabilidad de estos proyectos, las entidades bancarias exigen un análisis de riesgos con consideraciones técnicas, ambientales y financieras a cualquier usuario que desee recurrir a la financiación de este tipo de servicios energéticos (Guerrero-Liquet et al, 2016).

En concreto, el caso de estudio que se plantea en la República Dominicana es el ejemplo de una entidad bancaria, la cual pretende construir una instalación solar fotovoltaica en la zona destinada a aparcamiento de sus oficinas principales en la ciudad de Santo Domingo para cubrir parte de su demanda eléctrica y aprovechar los incentivos y financiamientos que ofrece el mercado eléctrico renovable actualmente en el país.

En la figura 5.6 se muestra un cuadro detallado de la totalidad de características técnicas, físicas y económicas que tiene este aparcamiento fotovoltaico el cual se ha utilizado como planta solar modelo para llevar a cabo la extracción del conocimiento a través del grupo de expertos.

La documentación del proyecto procede de la empresa de servicios energéticos encargada de diseñar y construir la instalación (Distribuidora Universal, 2014). En esta recopilación de la información se tiene en cuenta los objetivos del proyecto, el dimensionamiento de la planta, datos de la demanda energética y un análisis económico previo. El análisis económico ha sido recreado en una hoja de cálculo (ver anexos 9.3 Información suplementaria cap. 5. Identificación de riesgos).

Figura 5.6: Recopilación de datos de ISF de Santo Domingo, RD, Fuente: (Elaboración propia)

El diseño de la instalación se ha realizado con el programa (PVsyst, 2014), el cual realiza una simulación del cálculo de todos sus componentes. Esta información sirve para que los expertos conozcan todos los detalles del proyecto y, a través de ellos, identifiquen y evalúen los riesgos.

5.2.3.2 ISF conectadas en España

La generación de energía eléctrica con autoconsumo en España hasta hace poco estaba regulada por la ley (RD 900/2015). 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 el sector de las EERR a una parálisis que continúa hasta nuestros días (Alonso et al, 2016).

Todos los subsidios se eliminaron (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 están seriamente puestos en entredicho. La mayoría de los proyectos en energía renovables (teniendo en cuenta las instalaciones con todos los procedimientos administrativos aceptados), están enfocados a los sectores eólico y solar (Guerrero-Liquet et al, 2016b).

A modo de ejemplo, se propone como caso de estudio una ISF conectada a red, integrada en la cubierta de un aparcamiento existente en la Universidad de Murcia. La tecnología solar fotovoltaica empleada es de película delgada CdTe.

Figura 5.7: Aparcamiento de 222 Kwp Universidad de Murcia, Fuente: Serrano-Luján et al, 2015

Dicha instalación fue construida a finales de 2008 y comenzó a operar y proporcionar información en julio de 2009. La latitud y longitud de la instalación solar son, respectivamente, $38^{\circ}01'12''\text{N}$ y $1^{\circ}09'56''\text{W}$ y, el promedio anual de la irradiación diaria es 5320 Wh/m^2 (Serrano-Luján et al., 2015).

Al igual que en el caso de estudio anterior se presenta un cuadro detallado de todas las características técnicas, físicas y económicas de la instalación (figura 5.8), esta información procede del resultado de años de monitorización y control realizados y publicado en trabajos científicos anteriores por un equipo de investigación de la Universidad Politécnica de Cartagena, UPCT (Serrano-Luján et al., 2015).

Figura 5.8: Recopilación de datos de ISF de Murcia, España, Fuente: (Elaboración propia)

5.2.4 Análisis y resultados de la identificación de los riesgos

Es importante destacar que ambos casos de estudios fueron modelados de la misma manera para realizar un análisis comparativo riguroso y de manera proporcional. En la primera fase del análisis se elabora el plan de gestión de los riesgos definiendo la estructura de realización del proyecto (Guerrero-Liquet et al, 2016b).

Este plan incluye la revisión de: metodología, documentos del proyecto, roles y responsabilidades, presupuesto, calendario, archivos de proyectos anteriores, estimaciones, alcances del proyecto y la categoría del riesgo tal cual recomienda la guía (PMBOK, 2017).

El plan estará compuesto por una estructura de riesgo que se desarrolla teniendo en cuenta dos categorías:

- **Riesgos técnicos:** Se definirá en función de la instalación, tecnología utilizada, producción y demanda de electricidad.
- **Riesgos financieros:** Se deciden en base a la inversión, estimaciones de costes, financiamientos y subsidios del proyecto.

Figura 5.9: Estructura del desglose del riesgo, Fuente: (Elaboración propia)

La categorización y el desglose del riesgo proporcionan una estructura que asegura un proceso completo de identificación sistemática con un nivel de detalle coherente y contribuye a garantizar la efectividad y calidad de este modelo.

Se recurre a un grupo compuesto por cinco expertos con probada capacidad que, a partir de la revisión estructurada de archivos de proyectos anteriores, documentos del diseño e información recopilada del proyecto se encargan de identificar y comparar los riesgos con la finalidad de obtener una mayor consistencia en los resultados (Guerrero-Liquet et al, 2016).

El grupo de expertos se constituye con investigadores del ámbito de las energías renovables con experiencia en proyectos fotovoltaicos. Todos tienen títulos de posgrado en el área de energías renovables.

Las entrevistas a los expertos se llevo a cabo de forma anónima e independiente por correo electrónico. Previamente revisaron la totalidad de la información concerniente a ambos proyectos (Guerrero-Liquet et al, 2016).

5.2.4.1 Recopilación de la Información de los Expertos

Para llevar a cabo la extracción del conocimiento, se facilitarán una serie de cuestionarios a las partes involucradas con la finalidad de conocer sus percepciones sobre los riesgos que pueden afectar la rentabilidad de cada una de las instalaciones.

Se realiza un primer cuestionario con preguntas abiertas mediante la técnica Delphi. Tras la aplicación de dicha técnica se obtienen una serie de riesgos que constituyen el punto de partida para elaborar un nuevo cuestionario combinando las técnicas Delphi y Checklist.

En esta fase los expertos valoran, jerarquizan y comparan con el objetivo de crear una lista donde se refleja el nivel de consenso alcanzado generando un informe final para archivar en el registro de los riesgos. En la siguiente figura se muestra el cuestionario realizado a cada uno de los expertos (Guerrero-Liquet et al, 2016).

Figura 5.10: Cuestionario con las técnicas Delphi y Checklist, Fuente: (Elaboración propia)

Los puntos seleccionados en el Checklist son los riesgos con los que los expertos estuvieron de acuerdo en la primera ronda del cuestionario. En esta segunda fase, los expertos clasifican los riesgos que se habían indicado previamente de acuerdo con los efectos de la rentabilidad y la probabilidad de ocurrencia.

El primer cuestionario (preguntas 1 y 2 de la técnica Delphi) permite 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) ofrece la posibilidad

de 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.

Este procedimiento es sencillo y permite seleccionar al experto que continúa la evaluación de las siguientes etapas. Los riesgos identificados por los expertos son:

- **R1: Alto pay back:** tiempo en recuperar el desembolso inicial invertido en el proceso de producción.
- **R2: Perdidas por sombras:** pérdidas de radiación solar en las instalaciones fotovoltaicas ocasionadas por posibles sombras.
- **R3: Costes de mantenimiento:** precio total a pagar por la limpieza de la suciedad de los paneles solares durante la vida útil de la instalación.
- **R4: Daños por fenómenos atmosféricos:** terremotos, tormentas etc., que puedan causar fallos o desperfectos en la instalación.
- **R5: Variabilidad del VAN:** es la ruta como porcentaje de la rentabilidad del proyecto. El valor actualizado neto de una inversión es un indicador del rendimiento absoluto neto proporcionado por el proyecto. Mide la línea de base y el beneficio proporcionado en términos absolutos, después de descontar la inversión inicial.
- **R6: Falta de mantenimiento:** efectos causados por no limpiar el polvo y la suciedad de una instalación durante su vida útil.
- **R7: Cambios en el marco legislativo:** variaciones en la legislación actual y en las normas que regulan las ayudas aplicadas a este tipo de inversión.
- **R8: Falta de reemplazos y suministros:** déficit en el estocaje de cualquier componente o estructura que genere una disminución de la eficiencia durante la vida útil de la instalación.
- **R9: Falta de financiamiento:** no existencia de préstamos bancarios ni posibilidades de financiación que respalde la inversión del proyecto.

Tanto los riesgos identificados como los órdenes de prioridad según las respuestas dadas de los 5 expertos con Delphi-Checklist se observan en la tabla 5.2. Con el orden de prioridad respondido por los expertos en la pregunta 3 se ha calculado el promedio para establecer un orden de coincidencia mayoritario en cada caso (Guerrero-Liquet et al, 2016b).

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. Como se muestra en la tabla la mayoría de los expertos coinciden que el riesgo R7: Cambios en el marco legislativo debe de tener el primer orden de prioridad en ambas instalaciones.

Riesgos	ISF RD	ISF Murcia
R1: Alto Pay Back	7	6
R2: Perdidas por Sombras	5	4
R3: Costes de Mantenimiento	9	7
R4: Daños por Fenómenos Naturales	2	9
R5: Variabilidad del VAN	8	3
R6: Falta de Mantenimiento	6	2
R7: Cambios en el marco legislativo	1	1
R8: Falta de Reemplazos y Suministros	4	5
R9: Falta de Financiación	3	8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.2: Orden de prioridad de los riesgos con Delphi y Checklist.

Sin embargo, en el orden de prioridad de los demás riesgos no se ponen de acuerdo. No se observa claramente un orden de coincidencia de los demás riesgos. Por tanto, para obtener un orden de prioridad único se selecciona al experto con mayor consistencia para continuar los siguientes análisis y la evaluación de juicio con AHP.

5.2.4.2 Análisis de Supuestos

Una vez realizada la recopilación de documentación y la identificación de riesgos, se procede con la siguiente etapa. Esta consiste en realizar análisis de supuestos e identificar las causas de ocurrencia.

Para validar la exploración de esta etapa como se indica en el modelo de identificación de riesgos, los expertos identifican los supuestos del proyecto como inexactos, inestables, inconsistentes o incompletos, según las características de su naturaleza (Guerrero-Liquet et al, 2016). Cada riesgo identificado se define de este modo teniendo en cuenta un conjunto de hipótesis, que podrían ocurrir una vez que se explora la validez de la siguiente lista de supuestos:

1. Posibilidad de aparición de sombras debido a construcciones de edificaciones en las inmediaciones.
2. Cambio en la legislación del sector eléctrico relativo a las energías renovables en lo que se refiere a su conexión a la red, ayudas y subvenciones.
3. Posibilidad de aparición de huracanes u otros fenómenos atmosféricos adversos que puedan ocasionar daños en la instalación.

4. Posibles errores en la previsión económica a consecuencia de que la amortización de la instalación está estrechamente ligada al grado de financiación y algunos índices económicos no han sido tomados en cuenta en el diseño.
5. Costes de mantenimiento de la instalación y recambio o reparación de elementos de la misma dañados con el paso del tiempo.

Al revisar las respuestas de los expertos del Checklist y la información proporcionada en relación con los casos, es posible clasificar los riesgos identificados según la naturaleza del supuesto (tabla 5.3).

Carácter	Incompleto	Incoherente	Inestable	Inexacto
Técnico	Suministro y Reemplazos	Mantenimiento	Fenómenos Atmosféricos	Perdidas por Sombras
Financiero	Coste de Mantenimiento y VAN	Marco Legislativo	Falta de Financiación	Alto Pay Back

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.3: Clasificación de los riesgos según la naturaleza del supuesto.

5.2.4.3 Aplicación y Resultados de las Técnicas de Diagramación

Con el diagrama de causa y efecto los riesgos se relacionan con sus causas principales y secundarias para facilitar la organización de la relación. Dado que ambos casos de estudio se identifican los mismos riesgos, se utiliza el mismo diagrama (Guerrero-Liquet et al, 2016b).

Como se muestra en la figura 5.11, las principales causas en este caso son los problemas técnicos y financieros en la instalación fotovoltaica. Las causas secundarias seleccionadas corresponden a los riesgos identificados por los expertos, considerando que el caso de estudio presenta un efecto único y principal, que es la falta de rentabilidad del proyecto.

Figura 5.11: Diagrama de causa y efecto o diagrama de pescado, Fuente: (Elaboración propia)

El diagrama mejora la calidad de la opinión, reuniendo las diferentes razones y las causas de la aparición de diferentes factores. Sirve como una guía para las acciones correctivas posteriores que se realizan. Después se aplica, el análisis DAFO que permite detectar aspectos tales como las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades del proyecto para aumentar el reflejo de los riesgos identificados, incluyendo los riesgos técnicos y financieros.

El experto más consistente de cada caso de estudio de la fase de encuestas en la etapa de recopilación de información fue el encargado de preparar este análisis DAFO. Se examinan estas cualidades basándose en las causas de los riesgos del diagrama de causa y efecto (Guerrero-Liquet et al, 2016).

DAFO Caso ISF República Dominicana	
Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Recurso solar abundante en la zona • Reducción de gastos energéticos • Fuentes de energía de larga vida 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta inversión inicial • Falta de Oportunidades para el Financiamiento • Ocupación del terreno inmodificable durante 25 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 • Pérdidas por Sombras • Alto Pay Back • Variabilidad del VAN • Costos del Mantenimiento

DAFO Caso ISF Región de Murcia	
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 25 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 • Pérdidas por Sombras • Alto Pay Back • Variabilidad del VAN • Costos del Mantenimiento

Figura 5.12: Análisis DAFO por caso de estudio basado en la opinión del experto consistente,
Fuente: (Elaboración propia)

Como se muestra en la figura 5.12 los diagramas DAFO tienen aspectos similares para ambos casos, confirmando así que estos dos proyectos tienen características parecidas, aunque se encuentran en localizaciones indistintas una de otro. La única diferencia de los DAFOs entre las dos instalaciones fotovoltaicas se encuentra en el aspecto de las debilidades.

Coinciden con la debilidad de que la ocupación del terreno es inmodificable durante 25 años, el tiempo de vida útil que suelen tener estas instalaciones y un coste inicial alto. Sin embargo, la instalación fotovoltaica ubicada en Santo Domingo (RD) tiene la debilidad de la falta de financiamiento debido a que como mencionamos anteriormente el sistema bancario dominicano aún carece de la conciencia requerida para financiar este tipo de proyecto. En cambio, la instalación ubicada en Murcia (España) presenta debilidad en el impacto visual en el entorno debido a que es un parking de tecnología de película delgada CdTe algo no convencional.

5.2.4.4 Resultados de la Evaluación de Juicios con AHP

Para aplicar la metodología de AHP descrita en el capítulo 3 con el fin de evaluar la importancia de los riesgos como técnicos o financieros, se elabora el cuestionario descrito en la figura 5.13, donde 1 significa la misma importancia con respecto a los criterios evaluados y 9 significa extrema importancia.

Los valores de la izquierda significan una mayor importancia con respecto a otro y los criterios de la derecha significan menor importancia con respecto a un criterio sobre otro. Dichos cuestionarios se muestran en el capítulo de anexos de esta tesis (Ver anexos 9.1, cuestionarios de la investigación cap 5. Identificación de los riesgos).

Comparación entre pares de criterios, evaluando la importancia de uno respecto al otro.

Escala: 1 Igual importancia hasta 9 Extrema importancia.

Técnico									Financiero								
9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Comparación entre pares de riesgos, evaluando la importancia de uno respecto al otro. En cada criterio.

Para la priorización de los riesgos técnicos que afectan la rentabilidad de este proyecto, cual es la importancia que tienen las alternativas entre ellas respecto al criterio **Técnico** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Perdidas por Sombras									Daños por Fenómenos Atmosféricos								
9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Perdidas por Sombras									Falta de Mantenimiento								
9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Figura 5.13: Síntesis del cuestionario AHP con la escala de preferencia de Saaty, Fuente:
(Elaboración propia)

El cuestionario proporciona una serie de resultados que se modelan en una hoja de cálculo que mide la consistencia del experto para obtener un orden de importancia de los riesgos (ver anexos 9.2, tabla de cálculos cap. 5 Identificación de los riesgos). Después de aplicar la metodología AHP, es posible obtener la importancia de peso o coeficiente de cada riesgo (tabla 5.4).

Esta evaluación de juicio también permite verificar que los riesgos técnicos y financieros que afectan a la instalación solar fotovoltaica son iguales y que se pueda efectuar una comparación gráfica y analítica de los resultados obtenidos.

En el caso de estudio en España el riesgo técnico más importantes es R6 (falta de mantenimiento) y el riesgo financiero más importante es R7 (cambios en el marco legislativo). Mientras que en República Dominicana el riesgo financiero más importante continúa siendo R7 no pasa igual con los riesgos técnicos pues el más importante es R2 (perdidas por sombras).

Casos de Estudios	ISF RD	ISF Murcia
Riesgos Técnicos	Pesos	Pesos
R2: Perdidas por Sombras	0.640	0.267
R4: Daños por Fenómenos Naturales	0.063	0.073
R6: Falta de Mantenimiento	0.235	0.571
R8: Falta de Reemplazos y Suministros	0.063	0.090
Riesgos Financieros	Pesos	Pesos
R1: Alto Pay Back	0.068	0.078
R3: Costes de Mantenimiento	0.069	0.034
R5: Variabilidad del VAN	0.138	0.185
R7: Cambios en el marco legislativo	0.508	0.600
R9: Falta de Financiación	0.217	0.103

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.4: Coeficiente de importancia de los riesgos en cada caso de estudio.

Esto denota una clara diferencia en el aspecto técnico entre ambas instalaciones al estar ubicadas en latitudes tan dispares. Quedando estas diferencias poco evidenciadas en el aspecto financiero. Por esta razón se realiza un análisis de sensibilidad para aumentar el peso del criterio técnico y verificar la robustez de estos resultados.

5.2.5 Análisis de sensibilidad con Expert Choice

Finalmente, para ver las variaciones en la importancia relativa de los riesgos a través del tiempo se lleva a cabo un análisis de sensibilidad. Dicho análisis permite verificar los resultados de la decisión a través de las distintas variaciones del peso de los tipos de criterios (técnicos y financiero) en cada caso.

El análisis de sensibilidad se realiza para ver cómo cambia el orden de importancia de los riesgos al aumentar o disminuir la importancia de los criterios. Este análisis se puede realizar con una aplicación creada para AHP, el software Expert Choice 2000.

La aplicación ofrece cuatro modos gráficos de análisis de sensibilidad: dinámico, degradado, rendimiento y análisis bidimensional. El análisis con Expert Choice identifica el impacto de los cambios en la importancia de los criterios (García-Cascales & Lamata, 2009).

Los resultados de la decisión final de los casos de estudios se muestran a través del modo de gráficos dinámicos en la figura 5.14. A partir de estos valores, se realiza un análisis de sensibilidad variable para comparar y verificar la consistencia de estos resultados.

Resultados Caso Instalación Fotovoltaica España

Resultados Caso Instalación Fotovoltaica República Dominicana

Figura 5.14: Resultados del modelo dinámico del análisis de sensibilidad de los riesgos, la importancia de los criterios técnicos del 50%, la importancia de los criterios financieros del 50%,
Fuente: (Expert Choice, 2000)

En la figura 5.15 se muestran los resultados del análisis de sensibilidad en cada caso, aumentando la importancia del criterio técnico un 70 % y disminuyendo la importancia del criterio financiero un 30 %.

Se observa en dicha figura como a medida que los criterios técnicos y financieros varían con una proporción que aumenta a 70% y disminuye a 30%, los riesgos con la puntuación más elevada mantienen su orden de importancia entre las tres primeras posiciones. Observando cada caso se aprecian los riesgos que tienen mayor nivel de importancia, así como los riesgos que mantienen un mismo nivel de importancia en las dos instalaciones.

1st Técnicos 2nd Financieros

Resultados Caso Instalación Fotovoltaica Región de Murcia

Figura 5.15: Análisis de sensibilidad importancia del criterio técnico 70%, importancia del criterio financiero 30%, Fuente: (Expert Choice, 2000)

El riesgo R7 (cambios en el marco legislativo) mantiene el mayor nivel de importancia entre los riesgos de tipo financiero. Sin embargo, en la categoría de riesgos técnicos, dos riesgos se disputan el primer lugar R6 (falta de mantenimiento) y R2 (perdidas por sombras) lo que demuestra que R7 es el riesgo que mayor consistencia tiene.

Este análisis permite verificar la consistencia de los resultados obtenidos con AHP. Así se obtiene un modelo para identificar riesgos con resultados robustos y consistentes. Este modelo es necesario en la fase crítica de evaluación de la gestión de riesgos en ISF conectadas a la red.

Su aplicación también se recomienda en la gestión de riesgos para desarrollar sistemas fotovoltaicos similares en los países en vía de desarrollo que requieren inversiones en tecnologías renovables.

Si este proceso de identificación de riesgos se aplica siempre a casos reales, es posible controlar y mitigar las posibles incidencias, lo que proporciona garantías en la rentabilidad de este tipo de proyecto. El procedimiento en detalles del análisis de sensibilidad con Expert Choice se muestra de forma gráfica y analítica en el capítulo de anexos de esta Tesis Doctoral (ver anexos 9.3 Información suplementaria cap. 5. Identificación de riesgos, análisis de sensibilidad)

5.3 Análisis Cualitativos de Riesgos en ISF Conectadas a red

Actualmente existe muy poca literatura acerca del análisis cualitativo de riesgos en energías renovables; a fecha de hoy algunos estudios han sido realizados como por ejemplo el estudio desarrollado por (Gatzert & Kosub, 2016) para parques eólicos o, el llevado a cabo por (Astles et al, 2009) con el objetivo de evaluar cualitativamente los riesgos de impactos en los hábitats marinos. En este último trabajo, los riesgos utilizados en la evaluación de los componentes ecológicos específicos fueron definidos como la probabilidad de que las actividades del sector pesquero dieran lugar a impactos no sostenibles.

En otros ámbitos, también se ha evaluado de forma cualitativa el riesgo de un sistema de combustible dual (GNL-Diesel) (Stefana et al, 2016), el estudio muestra las fases del proceso de evaluación del riesgo, de acuerdo con la norma ISO 31000. En él se define el análisis cualitativo como el "proceso de comprender la naturaleza del riesgo y determinar el nivel de riesgo".

Tras este breve repaso a la escasa literatura científica que aborda el análisis cualitativo de riesgos se observa que, aunque no existe una única definición para el concepto de análisis cualitativo, todas van encaminadas en la dirección de la priorización de riesgos y las probabilidades de impacto de ocurrencia.

Es por ello que la guía PMBOK define el análisis cualitativo de riesgo como “el proceso que consiste en priorizar los riesgos para realizar otros análisis o acciones posteriores, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia y el impacto de dichos riesgos” (PMBOK, 2017).

Con la finalidad de llevar a cabo las acciones mencionadas y realizar de este modo un análisis cualitativo de los riesgos en ISF conectadas a la red, se propone en esta Tesis Doctoral un modelo de análisis específico que aplica el método de decisión multi-criterio AHP (Guerrero-Liquet et al, 2018b). En la figura 5.16 se detalla dicho modelo el cual muestra los objetivos propuestos, las herramientas y técnicas utilizadas y los resultados que se pretenden obtener.

Para lograr los objetivos propuestos se combinan dos técnicas; una de ellas utilizada usualmente en la gestión de riesgos (matriz de probabilidad e impacto) (Astles et al, 2009) y la otra, una técnica de evaluación de juicios de expertos ampliamente extendida en la actualidad desarrollada por (Saaty, 2000) la metodología AHP aplicada en el epígrafe anterior.

Análisis cualitativo de los riesgos en ISF conectadas a la red

Objetivos Propuestos	Herramientas y Técnicas	Resultados Previstos
➤ Evaluación de Probabilidad e Impactos	Matriz de Probabilidad e Impacto	Listado del Nivel de Vulnerabilidad
➤ Evaluación de la Urgencia	Proceso Analítico Jerárquico AHP	Prioridad de Atención

Figura 5.16: Modelo de análisis cualitativo de riesgos propuesto, Fuente: (Elaboración propia)

5.3.1 Matriz de probabilidad e impacto de los riesgos

Habitualmente, la evaluación de la probabilidad e impacto de los riesgos y, por consiguiente, el nivel de vulnerabilidad, se efectúa utilizando una tabla de búsqueda o una matriz de probabilidad e impacto. Es la técnica más utilizada en el análisis cualitativo de riesgos y oportunidades. Esta matriz es una tabla de dos dimensiones en la que se cruzan la probabilidad con la gravedad de las consecuencias analizadas. Los expertos asignan una ponderación numérica sobre la probabilidad de ocurrencia (desde 0.10 hasta 0.90).

Matriz de Probabilidad e Impacto										
Probabilidad	Amenazas					Oportunidades				
0,90	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72	0,72	0,36	0,18	0,09	0,05
0,70	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56	0,56	0,28	0,14	0,07	0,04
0,50	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40	0,40	0,20	0,10	0,05	0,03
0,30	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24	0,24	0,12	0,06	0,03	0,02
0,10	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01
	0,05	0,10	0,20	0,40	0,80	0,80	0,40	0,20	0,10	0,05

Impacto (escala de relación) sobre un objetivo (por ejemplo, coste, tiempo, alcance o calidad)

Cada riesgo es clasificado de acuerdo con su probabilidad de ocurrencia y el impacto sobre un objetivo en caso de que ocurra. Los umbrales de la organización para riesgos bajos, moderados o altos se muestran en la matriz y determinan si el riesgo es calificado como alto, moderado o bajo para ese objetivo.

Figura 5.17: Matriz de probabilidad e impacto, Fuente: (PMBOK, 2017).

Posteriormente, con el objetivo de ordenar los riesgos y clasificarlos en función de su prioridad (alta, media, baja), se realiza una ponderación numérica al impacto que produce cada riesgo (desde 0.05 hasta 0.80). Esta matriz que aplica la guía fundamental de dirección de proyectos (PMBOK, 2017), Plantea el llamado triángulo (rojo) de atención que corresponde a los riesgos calificados con prioridad alta.

Las oportunidades y los riesgos pueden manejarse en la misma matriz, utilizando las definiciones de los diversos niveles de impacto apropiados para cada una de ellas. Cada riesgo es clasificado según su probabilidad y su impacto.

El número de etapas en la escala es determinado por los desarrolladores del proyecto. En el modelo que se propone, los datos representan la vulnerabilidad cada vez mayor a los que están sometidos los riesgos en las ISF conectadas a la red y el aumento de la gravedad de estas consecuencias (Guerrero-Liquet et al, 2018b).

5.3.1.1 Evaluación de probabilidad e impacto de los riesgos

En esta etapa se obtiene la prioridad de probabilidad e impacto de los riesgos y el nivel de vulnerabilidad de cada uno de los riesgos identificados en el epígrafe anterior. Se aplica la matriz de probabilidad e impacto de acuerdo a los efectos de rentabilidad y la probabilidad de ocurrencia de una ISF conectada a la red con el mismo grupo de 5 expertos que abordaron la problemática de la identificación de riesgos en ISF conectadas a red en el apartado anterior (Guerrero-Liquet, et al, 2018b).

Para aplicar dicha matriz se elabora un cuestionario que permite evaluar la prioridad y el impacto de cada riesgo de forma independiente. A continuación, se detallan las preguntas de dicho cuestionario para cada uno de los riesgos:

1. ¿Seleccione la probabilidad de ocurrencia de que esta instalación tenga X riesgo?

1	3	5	7	9
---	---	---	---	---

Siendo:

- 1: Probabilidad de ocurrencia mínima
- 3: Probabilidad de ocurrencia entre mínima y media
- 5: Probabilidad de ocurrencia media
- 7: Probabilidad de ocurrencia entre media y alta
- 9: Probabilidad de ocurrencia alta

2. Seleccione el impacto en (%) ¿que puede causar X riesgo en la instalación?

5	10	20	40	80
---	----	----	----	----

Siendo:

5: Impacto Bajo

10: Impacto entre Bajo y Medio

20: Impacto Medio

40: Impacto entre Medio y Alto

80: Impacto Alto

Se obtuvieron una serie de ponderaciones numéricas las cuales fueron introducidas en la matriz de probabilidad e impacto (tabla 5.5).

		Riesgo = Probabilidad x Impacto				
Probabilidad	0.9	0.05	0.09	0.18	0.36	0.72
	0.7	0.04	0.07	0.14	0.28	0.56
	0.5	0.03	0.05	0.10	0.20	0.40
	0.3	0.02	0.03	0.06	0.12	0.24
	0.1	0.01	0.01	0.02	0.04	0.08
		0.05	0.10	0.20	0.40	0.80
		Impacto				

Prioridad alta

Prioridad media

Prioridad baja

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.5: Matriz de probabilidad e impacto en ISF conectadas a la red.

Mediante la multiplicación de las filas y columnas entre sí fue posible obtener el valor de entrada a la matriz y calcular la prioridad de la probabilidad e impacto de los riesgos para cada experto. Con esta matriz quedan definidos tres grupos de niveles de probabilidad e impacto para los riesgos:

- **Prioridad baja:** los riesgos que pertenezcan a este grupo deben ser incluidos en una lista de supervisión y monitorización.
- **Prioridad media:** con este grupo de riesgos se debe tener una acción de gestión proactiva.
- **Prioridad alta:** este grupo de riesgos necesita prioridad de acción y estrategias de respuesta agresivas.

Para obtener un promedio global de los resultados arrojado por los expertos se aplica la media geométrica a los valores de probabilidad e impacto obtenidos de cada riesgo (tabla 5.6).

Riesgos de ISF	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5	Resultado	
R1: Alto Pay Back	0.24	0.20	0.20	0.24	0.24	0.22	Prioridad Alta
R2: Perdidas por Sombras	0.03	0.06	0.03	0.12	0.10	0.06	Prioridad Media
R3: Costes de Mantenimiento	0.14	0.04	0.05	0.20	0.02	0.06	Prioridad Media
R4: Daños por Fenómenos Naturales	0.36	0.40	0.02	0.28	0.28	0.18	Prioridad Alta
R5: Variabilidad del VAN	0.06	0.28	0.10	0.20	0.06	0.12	Prioridad Media
R6: Falta de Mantenimiento	0.02	0.04	0.56	0.04	0.03	0.06	Prioridad Media
R7: Cambios en el marco legislativo	0.28	0.72	0.40	0.20	0.56	0.39	Prioridad Alta
R8: Falta de Reemplazos y Suministros	0.01	0.08	0.04	0.04	0.12	0.04	Prioridad Baja
R9: Falta de Financiación	0.28	0.40	0.72	0.20	0.12	0.29	Prioridad Alta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.6: Calculo de la probabilidad e impacto de los riesgos.

En la figura 5.18 se muestran los resultados finales en forma gráfica para apreciar a simple vista que existe un grupo intermedio de cuatro riesgos aceptables (prioridad media); otro grupo de cuatro riesgos que requiere mayor análisis (prioridad alta) y un solo riesgo con prioridad baja.

Figura 5.18: Resultados de la probabilidad e impacto de los riesgos, Fuente: Elaboración propia.

Para finalizar esta etapa se elabora la lista que refleja el nivel de vulnerabilidad de cada riesgo (alta, baja o moderada) a partir de la prioridad de probabilidad e impacto obtenido (tabla 5.7).

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

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.7: Listado del nivel de vulnerabilidad de los riesgos.

En este listado es evidente que solo el riesgo R8 (falta de reemplazos y suministros) tiene un nivel de vulnerabilidad bajo. Este riesgo debe ser monitorizado para tenerse en cuenta en contingencias a largo plazo. Los riesgos R2, R3, R5 y R6 tienen un nivel de vulnerabilidad moderado y los restantes son riesgos con un nivel de vulnerabilidad alto.

5.3.2 Evaluación de urgencia y juicios de expertos

En algunos análisis cualitativos, la evaluación de la urgencia de un riesgo puede estar asociada con la calificación del riesgo, la cual se determina a partir de la matriz de probabilidad e impacto para obtener una calificación final de la severidad del riesgo (PMBOK, 2017).

Por otro lado, el juicio de expertos es necesario tanto para evaluar la probabilidad y el impacto de cada riesgo como para determinar su ubicación dentro de la matriz y obtener la prioridad de atención de los riesgos. La obtención del juicio de expertos en materia de riesgos se logra a menudo mediante cuestionarios a expertos.

En esta etapa del análisis se propone aplicar toma de decisión multi-criterio a través de la metodología AHP para evaluar la urgencia de los riesgos a partir del juicio de los expertos. Este problema no es complejo en este caso AHP sirve de soporte a la matriz de probabilidad e impacto de los riesgos (Guerrero-Liquet et al, 2018b).

AHP es un método de decisión multi-criterio ideal para este análisis cualitativo pues con su uso se puede realizar todo el proceso de evaluación de urgencia sin tener que utilizar otros métodos y se evalúa la prioridad de atención de cada uno de los riesgos de forma independiente. Debe tenerse en cuenta la parcialidad de los expertos en este proceso.

Después de haber obtenido dos grupos de riesgos que requieren acciones a corto plazo se inicia esta etapa del análisis de los riesgos. Esta consiste en considerar la prioridad en la que deben ser atendidos cada uno de los riesgos mencionados según el grupo al que pertenezcan.

Los riesgos que requieren respuestas a corto plazo pueden ser considerados de atención más urgente. Los indicadores de prioridad pueden incluir el tiempo para dar una respuesta a los riesgos, los síntomas y las señales de advertencia, y la calificación del riesgo (PMBOK, 2017).

Estos criterios son las condiciones definidas del impacto de un riesgo sobre los principales objetivos del proyecto. Son los criterios utilizados como base por la guía (PMBOK, 2017) para evaluar la urgencia de los riesgos:

- **C1. Tiempo:** cuando se puede producir el riesgo y cuál es su duración.
- **C2. Coste:** coste económico de los problemas potenciales que ocasionara el riesgo.
- **C3. Rendimiento:** el desempeño del riesgo a lo largo de todo el proyecto.
- **C4. Gravedad:** alcance o repercusiones que puede tener el riesgo en las distintas partes del proyecto.

Para que los expertos evalúen esta etapa, se elabora un nuevo cuestionario utilizando la escala de preferencia de (Saaty, 2000). La estructura jerárquica de la metodología AHP para el caso particular propuesto está compuesta por tres niveles (figura 5.19): objetivos, criterios y riesgos según el nivel de vulnerabilidad obtenido (tabla 5.7).

El cuestionario consta de dos partes claramente diferenciadas; la primera permite establecer las prioridades locales de los criterios comparando cada par de criterios con el objetivo de evaluar la importancia de uno con respecto al otro.

La segunda parte proporciona las prioridades locales de los riesgos, comparando cada riesgo y evaluando la importancia de cada uno con respecto al otro para cada uno de los criterios. Los resultados obtenidos en dicho cuestionario son modelados en una hoja de cálculo (ver anexos 9.1 cuestionarios de la investigación cap. 5 análisis cualitativos).

Figura 5.19: Estructura modélica de AHP según la vulnerabilidad, Fuente: Elaboración propia.

Con el objetivo de comprobar si los juicios de los expertos deben ser revisados y obtener de este modo, la importancia de los riesgos; se calcula el índice de consistencia para cada uno de los expertos (ver anexos 9.2, tabla de cálculos cap. 5 Análisis cualitativo).

Finalmente, los resultados de los juicios de los expertos de forma global han sido obtenidos a través de una agregación homogénea utilizando la media geométrica (Guerrero-Liquet et al, 2018b). Tras aplicar la metodología AHP la prioridad de atención de cada riesgo según el nivel de vulnerabilidad (alto o moderado) es obtenida (tabla 5.8).

Riesgos Moderados	Pesos	Prioridad
R2: Perdidas por Sombras	0.178	3
R3: Costes de Mantenimiento	0.175	4
R5: Variabilidad del VAN	0.275	2
R6: Falta de Mantenimiento	0.372	1
Riesgos Altos	Pesos	Prioridad
R1: Alto Pay Back	0.120	4
R4: Daños por Fenómenos Naturales	0.211	3
R7: Cambios en el marco legislativo	0.392	1
R9: Falta de Financiación	0.277	2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.8: Prioridad de atención de los riesgos.

Con estos resultados resulta posible establecer un orden de urgencia para atender los problemas que afectan la rentabilidad de las ISF conectadas a la red. Los criterios con mayor peso en la decisión son C4 (gravedad) y C2 (costes) mientras que, los criterios con menor peso corresponden a C3 (rendimiento) y C1 (tiempo) (ver anexos 9.2, tabla de cálculos cap. 5 Análisis cualitativo).

Entre los riesgos de alto nivel de probabilidad, el riesgo que mayor atención reclama es el riesgo financiero R7 (cambios en el marco legislativo) ya que es el riesgo de alto nivel de vulnerabilidad que mayor prioridad de atención ha obtenido (figura 5.20).

En ese mismo orden R7 es seguido de R9 (falta de financiación) que es otro riesgo de tipo financiero. En la tercera posición de atención se encuentra R4 (daños por fenómenos naturales) que es el único riesgo de tipo técnico que tiene un alto nivel de vulnerabilidad. La última prioridad de atención entre los riesgos de alto nivel de prioridad es R1 (alto pay back), la justificación a este resultado podría encontrarse en la dependencia que presenta este riesgo con el marco legislativo establecido.

Figura 5.20: Resultado gráfico de la prioridad de atención de los riesgos según AHP, Fuente:
Elaboración propia.

En cuanto a los riesgos con un nivel de vulnerabilidad moderado es interesante destacar que R6 (falta de mantenimiento) es el riesgo de tipo técnico que presenta mayor prioridad de atención seguido muy de cerca del riesgo financiero R5 (variabilidad del VAN) lo que denota una mayor importancia de los riesgos financieros de forma global. El tercer orden de prioridad lo proporciona el riesgo técnico R2 (perdidas por sombras), estando en el último lugar el riesgo financiero R3 (costes de mantenimiento) probablemente esto se debe a su alta vinculación con el riesgo R6 (falta de mantenimiento).

Los riesgos que tienen un nivel de vulnerabilidad moderado quedan supeditados a un segundo plano en orden de importancia llevándose a cabo acciones proactivas con cada uno de ellos. En cambio, los riesgos de alto nivel de vulnerabilidad deben ser sometidos a acciones y estrategias agresivas para responder a las mitigaciones y contingencias como corresponde de acuerdo con la prioridad de atención obtenida.

En este análisis queda claro cuáles son las incertidumbres que habría que atender antes y durante la vida útil de este tipo de proyectos. En primer lugar, de urgencia queda establecido el riesgo financiero R7 (cambios en el marco legislativo), se demuestra por tanto que este tipo de instalaciones no deben estar sometidas bajo ningún concepto a cambios retroactivos en sus normativas y subvenciones ya que se podría ver afectada de forma inmediata su rentabilidad.

Por otro lado, es importante que el proyecto cuente con una financiación sólida que asegure un tiempo de retorno apropiado de la inversión. En cuanto a los aspectos técnicos, es obligatorio tener en cuenta las previsiones necesarias para que no se produzcan daños en la infraestructura de la instalación ya que este tipo de instalaciones pueden estar sometido a continuos fenómenos climatológicos adversos según su ubicación.

Ha sido identificado por los expertos como poco importante un solo riesgo en el proceso de evaluación, específicamente R8 (reemplazos y suministros), quedando dispuesto en una lista de supervisión de riesgos de baja prioridad para una monitorización continua. Los resultados obtenidos en este riesgo demuestran su estrecha vinculación con el mantenimiento de la instalación el cual debe ser objeto de una gestión proactiva.

En cuanto a la metodología aplicada conviene destacar que la matriz de impacto y probabilidad permite facilitar la búsqueda de la prioridad de atención de los riesgos. La metodología AHP garantiza una selección consensuada de todos los actores que intervienen en el proceso de toma de decisión proporcionando, además, una medición eficaz de la consistencia de cada uno de los expertos.

5.4 Análisis Cuantitativo de Riesgos en ISF Conectadas a red

Factores fundamentales como el Valor Actual Neto (VAN) o el tiempo de retorno de la inversión (Pay Back) que transmiten el atractivo de un proyecto para los inversionistas, están sujetos a análisis de riesgo (Arnold & Yildiz, 2014).

Una dificultad adicional asociada al problema es el modelado adecuado de las incertidumbres según el comportamiento de las fuentes de tecnologías renovables y los eventos operativos inesperados, como por ejemplo daños por fenómenos atmosféricos, escasez de suministros y reemplazos que pueden afectar a las unidades de generación, etc.

Estas incertidumbres se suman a las que ya están presentes en la red, como las pérdidas en el cableado o las ocasionadas por un mantenimiento deficiente o, las variaciones en el precio de la energía. Conocer la forma de cuantificar estos riesgos permitiría invertir en el proyecto con mayor confianza y fiabilidad (Guerrero-Liquet et al, 2019).

Existe muy poca literatura acerca del análisis cuantitativo de riesgos en energías renovables; a fecha de hoy algunos estudios como por ejemplo (Arnold & Yildiz, 2015) abordan la necesidad de herramientas avanzadas de gestión de riesgos, y presenta un enfoque de simulación para el análisis de riesgos basado en una representación de todo el ciclo de vida de los proyectos.

Se han llevado a cabo algunas aplicaciones a proyectos de instalaciones solares como (Da Silva et al, 2014) en el que se presenta un sistema fotovoltaico autónomo teniendo en cuenta los riesgos en la sostenibilidad del proyecto asumida por un inversor en proyectos de generación de energía.

5.4.1 Modelo de análisis cuantitativo propuesto

En esta Tesis Doctoral se propone aplicar técnicas de juicio de expertos para realizar el análisis cuantitativo a los riesgos de los proyectos fotovoltaicos identificados anteriormente. Se propone utilizar una metodología de toma de decisión multi-criterio híbrida (ANP-TOPSIS) para obtener el comportamiento económico de las ISF teniendo en cuenta el riesgo en la sostenibilidad del proyecto.

En este análisis se usa ANP porque podremos evaluar no solo la importancia de los riesgos como se ha hecho en capítulos anteriores con AHP, sino también la influencia de cada uno de estos riesgos. Se combina con TOPSIS porque en esta etapa necesitamos un método de decisión multi-criterio que nos permita introducir datos al modelo de forma cuantitativa.

Se aplica la combinación ANP-TOPSIS como una herramienta para evaluar el riesgo de la inversión en las ISF conectadas a red de forma cuantitativa. Se propone representar todo el proceso de rentabilidad de un proyecto a través de un grupo de expertos que determina el efecto de los riesgos sobre las instalaciones fotovoltaicas desde la etapa de diseño hasta la construcción y puesta en marcha. En la siguiente figura se presenta el modelo propuesto para realizar el análisis cuantitativo:

Figura 5.21: Esquema del análisis cuantitativo propuesto, Fuente: Elaboración propia.

Los conceptos y métodos de estas técnicas presentan un marco que incorpora múltiples criterios contradictorios y que involucran valoraciones inciertas o imprecisas en la planificación. Los criterios en estos métodos pueden ser cualitativos y cuantitativos y por lo general implican diferentes unidades de medida (Tavana et al, 2013).

5.4.2 Aplicación del modelo propuesto al caso de estudio

Con el fin de mostrar cómo aplicar este modelo de análisis cuantitativo, se analizan los dos sistemas de conexión a red fotovoltaica descritos en el apartado 5.2 (identificación de riesgos en ISF conectadas a red) del presente capítulo.

Tal y como se ha indicado en secciones anteriores, en este análisis son objeto de evaluación dos instalaciones fotovoltaicas que se encuentran en latitudes geográficas distintas, pero poseen un alto aprovechamiento de la radiación solar localizándose una de ellas en la capital de la República Dominicana; Santo Domingo y la otra en una ciudad del levante español, concretamente la ciudad de Murcia.

Este modelo permite demostrar la rentabilidad de estos dos proyectos planificando las respuestas de mitigación y comparando datos técnicos y financieros cuantificables. Tres expertos investigadores del ámbito de las energías renovables con experiencia en proyectos fotovoltaicos, pertenecientes al grupo de expertos anteriormente descrito, han intervenido en el presente análisis cuantitativo.

Los criterios utilizados para este análisis cuantitativo de los riesgos han sido seleccionados tomando como base el origen de ocurrencias e impactos de dichos riesgos (Guerrero-Liquet et al, 2019). Estos son considerados como riesgos C1: Técnicos y riesgos C2: Económicos según al grupo que pertenecen.

5.4.2.1 Evaluación del peso y la Interdependencia de los Riesgos con ANP

En primer lugar, se establece el diagrama de jerarquías que consta de cuatro niveles, objetivo del problema, los criterios principales, los riesgos y las alternativas que se sitúan nivel por nivel respectivamente (figura 5.22).

Figura 5.22: Diagrama de jerarquías con ANP, Fuente: Elaboración propia.

El proceso comienza identificando el grado de influencia entre los riesgos. Con este esquema se elabora un primer cuestionario donde los tres expertos indican qué riesgos influyen en los demás riesgos. De esta forma se determina la propiedad de interdependencia entre ellos aplicando ANP (ver anexos 9.1, cuestionarios de la investigación cap. 5 Análisis cuantitativo).

Después de la construcción del diagrama de jerarquías, se comparan los riesgos que tienen una influencia mayor de la unidad por cada riesgo utilizando la escala fundamental de 1-9 (Saaty, 2001). De esta manera se calcula las interdependencias con la cual se obtiene la matriz de influencia. En esta etapa también se mide la consistencia de cada uno de los expertos con la finalidad de chequear la validez y robustez de los juicios de los mismos (ver anexos 9.2, tabla de cálculos cap. 5 Análisis cuantitativo).

El siguiente paso consiste en realizar la comparación binaria de los criterios y de los sub-criterios con el fin de determinar el peso o coeficiente de importancia de cada uno de los riesgos. Este proceso se realiza para cada experto a través de un segundo cuestionario. Con la agregación de estos dos resultados se obtiene el peso o coeficiente de importancia final (tabla 5.9). La última etapa del proceso permite la evaluación de las alternativas (Guerrero-Liquet et al, 2019).

Resultado del Peso de los Riesgos Experto 1													
			C1 Técnicos				C2 Económicos					Peso de Importancia	Peso Wc
			R4	R8	R2	R6	R9	R1	R5	R3	R7		
C1 Técnicos	R4	Daños por Fenómenos Naturales	0	0	0	0.438	0	0.284	0.266	0.091	0	0.177	0.109
	R8	Falta de Suministro y Reemplazos	0	0	0	0.063	0	0.042	0.040	0.455	0	0.064	0.069
	R2	Perdidas por Sombras	0	0	0	0	0	0.135	0.097	0	0	0.220	0.032
	R6	Falta de Mantenimiento	1	1	0	0	0	0.039	0.097	0.455	0	0.040	0.319
C2 Económicos	R9	Falta de Financiación	0	0.143	0	0.063	0	0.040	0.318	1	0	0.032	0.204
	R1	Alto Pay Back	0	0	0	0	0	0	0.052	0	0	0.080	0.012
	R5	Variabilidad del VAN	0	0	0	0	0.200	0.130	0	0	0	0.220	0.017
	R3	Costos del Mantenimiento	0	0.857	0	0.438	0.600	0.116	0	0	0	0.119	0.100
	R7	Cambios en el Marco Legislativo	0	0	0	0	0.200	0.213	0.129	0	0	0.049	0.052

Resultado del Peso de los Riesgos Experto 2													
			C1 Técnicos				C2 Económicos					Peso de Importancia	Peso Wc
			R4	R8	R2	R6	R9	R1	R5	R3	R7		
C1 Técnicos	R4	Daños por Fenómenos Naturales	0	0	0	0	0.5	0.059	0.034	0.040	1	0.033	0.092
	R8	Falta de Suministro y Reemplazos	0	0	0	0.071	0	0	0.195	0.305	0	0.277	0.099
	R2	Perdidas por Sombras	0	0	0	0.429	0	0.307	0.195	0	0	0.066	0.081
	R6	Falta de Mantenimiento	0		0.5	0	0	0.134	0.075	0.156	0	0.124	0.083
C2 Económicos	R9	Falta de Financiación	0	0.5	0.250	0	0	0.121	0.259	0.185	0	0.118	0.225
	R1	Alto Pay Back	0	0	0	0	0.227	0	0.086	0.131	0	0.043	0.065
	R5	Variabilidad del VAN	0	0	0	0	0.227	0.051	0	0.092	0	0.074	0.052
	R3	Costos del Mantenimiento	0	0.083	0.250	0.5	0	0.164	0.126	0	0	0.248	0.118
	R7	Cambios en el Marco Legislativo	0	0.417	0	0	0.045	0.164	0.030	0.092	0	0.018	0.153

Resultado del Peso de los Riesgos Experto 3													
			C1 Técnicos				C2 Económicos					Peso de Importancia	Peso Wc
			R4	R8	R2	R6	R9	R1	R5	R3	R7		
C1 Técnicos	R4	Daños por Fenómenos Naturales	0	0	0.081	0.000	0.187	0.261	0.235	0.117		0.128	0.054
	R8	Falta de Suministro y Reemplazos	0.0625	0	0.000	0.500	0.038	0.061	0.047	0.040	0	0.008	0.030
	R2	Perdidas por Sombras	0	0	0.000	0.000	0.142	0.160	0.138	0	0	0.092	0.025
	R6	Falta de Mantenimiento	0.4375	0	0.419	0.000	0.133	0.018	0.080	0.343	0	0.021	0.139
C2 Económicos	R9	Falta de Financiación	0.029	0.298	0.00	0.076	0.000	0.111	0.132	0.343	0.048	0.095	0.069
	R1	Alto Pay Back	0	0.228	0.00	0.000	0.319	0	0.062	0.117	0.191	0.037	0.139
	R5	Variabilidad del VAN	0	0.180	0.00	0.072	0.128	0.324	0	0.000	0.761	0.042	0.405
	R3	Costos del Mantenimiento	0.351	0.139	0.50	0.193	0.037	0.047	0.279	0	0	0.080	0.113
	R7	Cambios en el Marco Legislativo	0.120	0.154	0.00	0.158	0.016	0.018	0.026	0.040	0	0.496	0.026

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.9: Resultados de los pesos de los riesgos con ANP para cada experto.

5.4.2.2 Evaluación de las alternativas usando TOPSIS

Sobre la base del método TOPSIS se evalúan las alternativas teniendo en cuenta los pesos previamente obtenidos con ANP y estimando las probabilidades de ocurrencia de los riesgos según sean considerados como cualitativos o cuantitativos.

Los datos ponderados de los riesgos cuantitativos (R2, R1, R5, R3) se obtienen a partir de las características técnicas, físicas y económicas de cada una de las instalaciones que se detallaron anteriormente en el apartado 5.2. (Identificación de los riesgos).

Los demás riesgos han sido considerados como cualitativos y los datos que se han ponderado para realizar el análisis cuantitativo han sido obtenidos a través de un último cuestionario que se realizó a cada uno de los expertos donde debían valorar en una escala de 1-10 la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los riesgos en cada proyecto (ver anexos 9.1, cuestionarios de la investigación, cap. 5 Análisis cuantitativo).

En estos anexos se muestran cada uno de las preguntas realizadas a los tres expertos en la etapa de la aplicación de TOPSIS para recoger las valoraciones de los criterios cualitativos, según dicha valoraciones se colocan en la matriz de decisión.

Una vez obtenida la matriz de decisión compuesta por dos alternativas (ISF Murcia e ISF República Dominicana) y nueve criterios de naturaleza cuantitativa o cualitativa (riesgos técnicos y económicos), resulta posible aplicar el algoritmo TOPSIS y evaluar dichas alternativas (Guerrero-Liquet et al, 2019).

En la tabla 5.10 se presenta el proceso y resultado obtenido con el experto 1. Este procedimiento fue realizado de forma idéntica para el resto de expertos tomando las ponderaciones de ocurrencia que respondieron en el cuestionario final.

El proceso y resultado obtenido con el experto 2 y 3 se pueden verificar en los anexos 9.2, tabla de cálculos, cap. 5, análisis cuantitativo. En ellos se muestran todos los resultados que determinan la solución ideal positiva PIS y la solución ideal negativa NIS. También se muestra todo el procedimiento de datos de los tres expertos para la obtención del ranking de las alternativas.

	C1 Riesgos Técnicos				C2 Riesgos Económicos				
	R4	R8	R2	R6	R9	R1	R5	R3	R7
	Min:1,max:10	Min:1,max:10	%	Min:1,max:10	Min:1,max: 10	Años	%	€/Wp	Min:1,max:10
A1	1	3	10	2	2	8	30	210.3	7
A2	4	5	20	4	5	5	20	205.27	5
Construcción de la Matriz de Decisión									
Peso (W)	0.109	0.069		0.032	0.319	0.204	0.012	0.017	0.100
	R4	R8		R2	R6	R9	R1	R5	R3
A1	1	3		10	2	2	8	30	210.3
A2	4	5		20	4	5	5	20	205.27
Normalización de la Matriz de Decisión									
	min	min		min	min	min	min	min	min
Peso (W)	0.109	0.069		0.032	0.319	0.204	0.012	0.017	0.100
	R4	R8		R2	R6	R9	R1	R5	R3
A1	0.243	0.514		0.447	0.447	0.371	0.848	0.832	0.716
A2	0.970	0.857		0.894	0.894	0.928	0.530	0.555	0.698
Ponderación de la Matriz de Decisión									
A1	0.027	0.036		0.014	0.143	0.076	0.010	0.014	0.072
A2	0.106	0.059		0.029	0.285	0.190	0.006	0.009	0.070
Determinar la Solución Ideal Positiva PIS y la Solución ideal Negativa NIS									
A+	0.027	0.036		0.014	0.143	0.076	0.006	0.009	0.070
A-	0.106	0.059		0.029	0.285	0.190	0.010	0.014	0.072

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.10: Procedimiento de obtención del ranking de las alternativas experto 1.

En la tabla 5.11 se observan los resultados finales donde se muestra que los tres expertos han arrojado un orden de preferencia muy similar. Con este resultado se establece que para los tres expertos la alternativa 1: instalación solar fotovoltaica en la universidad de Murcia; España es más rentable que la alternativa 2: instalación solar fotovoltaica de una entidad bancaria de Santo Domingo; República Dominicana.

Medidas de la Distancia			
	Experto 1	Experto 2	Experto 3
d+A1	0.013	0.051	0.040
d+A2	0.166	0.071	0.135
d-A1	0.166	0.076	0.157
d-A2	0.036	0.028	0.122
Proximidad Relativa			
RA1	0.925	0.599	0.795
RA2	0.179	0.283	0.474
Ordenación de Preferencias			
	A1 > A2	A1 > A2	A1 > A2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.11: Resultado del ranking de las alternativas.

5.4.3 Análisis y discusión de los resultados

Como se muestra en la figura 5.23, para el experto 1 la alternativa 1 tiene más del 90 % de rentabilidad con respecto a la alternativa 2, siendo este el experto que mayor rentabilidad le otorga a la alternativa 1: ISF de la universidad de Murcia.

Para el experto 2 la alternativa 1 tienen un 70 % de rentabilidad con respecto a la alternativa 2, con un 30 % aproximadamente. Y para el experto 3 la alternativa 1 tiene casi un 60 % de rentabilidad con respecto a la alternativa 2 siendo este el experto que mayor rentabilidad le otorga a la alternativa 2: ISF de Santo Domingo un 40 %.

En este proceso de evaluación es determinante que el grupo de expertos seleccionado tenga un elevado conocimiento del tema abordado y que mantenga una consistencia elevada. Este análisis cuantitativo permite evaluar datos cuantificables y no solo datos cualitativos. Además, permite planificar las respuestas de mitigación y contingencia de una ISF conectada a red a través de estimaciones y previsiones claras.

Figura 5.23: Resultado porcentual del ranking de las alternativas, Fuente: Elaboración propia.

Con este análisis cuantitativo los inversores y desarrolladores podrán evaluar la rentabilidad de cualquier proyecto y tomar la mejor decisión en caso de incertidumbre a partir del modelo que proponemos. En este proceso de evaluación es determinante que el grupo de expertos seleccionado tenga un elevado conocimiento del tema abordado y que mantenga una consistencia elevada.

De la metodología aplicada conviene destacar que con ANP logramos establecer el peso de los riesgos identificados tomando en cuenta la influencia que tiene cada uno de estos entre ellos. La metodología TOPSIS permitió obtener un orden de preferencia de las alternativas teniendo en cuenta datos cuantitativos y cualitativos, hecho que para un análisis de este tipo es primordial.

A esta evaluación de riesgos queda por agregar un análisis de sensibilidad que demuestre la robustez de los resultados obtenidos. De todos modos, ANP-TOPSIS permite obtener resultados en un corto tiempo, teniendo en cuenta que para llegar a una conclusión en un análisis cuantitativo intervienen un sinnúmero de operaciones matemáticas muy complejas y sin el empleo de encuestas excesivamente extensas para los expertos.

Este análisis cuantitativo permite evaluar datos cuantificables y no solo datos cualitativos. Además, permite planificar las respuestas de mitigación y contingencia de un proyecto a través de estimaciones y previsiones claras.

Capítulo 6

6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

A lo largo de esta Tesis Doctoral hemos resuelto dos problemáticas en la etapa de planificación de la gestión de Instalaciones Solares Fotovoltaicas (ISF) conectadas a red las cuales afectan a las diferentes fases de un proyecto. Ambas problemáticas han sido afrontadas mediante el empleo de análisis multi-criterio. La evaluación se ha llevado a cabo aplicando y combinando las metodologías AHP, ANP y TOPSIS. Además, se han efectuado una serie de análisis (análisis de sensibilidad y análisis comparativos) los cuales han proporcionado robustez y claridad a los resultados.

Finalmente, en este capítulo de la tesis vamos a sintetizar las conclusiones de la presente investigación. Primero vamos a recoger las conclusiones de los dos temas que se han abordado tanto en la problemática de la optimización (dimensionamiento óptimo) como en el de gestión (análisis de riesgos) de las ISF conectadas a red.

En segundo lugar, destacaremos los aportes metodológicos de la tesis vinculados a la gestión de proyectos y a la toma de decisiones. Por último, enunciaremos las potenciales líneas de investigación a realizar en un futuro ya sean a los modelos aplicados como a las aportaciones metodológicas.

6.1	Aportaciones metodológicas.....	163
6.2	Trabajos Futuros.....	164

Las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red son una de las principales tecnologías de origen renovable empleadas actualmente para abastecer el mercado energético a nivel mundial. Uno de los puntos débiles de estas instalaciones es la falta de optimización y gestión en las distintas fases del proyecto (planificación, construcción y puesta en marcha). Este problema está asociado a los diversos impactos socioeconómicos y ambientales que contribuyen a la falta de eficiencia del sistema de generación distribuida en las energías renovables.

En la presente Tesis Doctoral se han obtenido soluciones de optimización y gestión en dos temas de gran relevancia en la fase de planificación del proyecto, enfocados a tomar la mejor decisión a partir de diferentes metodologías aplicadas en el ámbito de la gestión del proyecto.

Los problemas propuestos, tamaño óptimo y gestión de riesgos de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red, se resuelven mediante el análisis de expertos con criterios cualitativos y cuantitativos. Aunque en general, ambos problemas afectan a toda la vida útil de una instalación y desencadenan efectos en todas las fases del proyecto, en este estudio son abordados mediante la toma de decisión multi-criterio.

En concreto se propone una combinación de metodologías con la finalidad de, no solo extraer el conocimiento de los expertos antes de realizar un proyecto, sino también conocer las causas y los efectos que ayudan para tomar la mejor decisión. Para resolver ambas problemáticas se utilizaron datos experimentales de instalaciones fotovoltaicas reales.

Para tomar las decisiones se utilizó principalmente una metodología híbrida ANP-TOPSIS permitiendo obtener un resultado robusto el cual, a través de un exhaustivo análisis de sensibilidad, se le confirió consistencia y validez. Con el objetivo de abordar la categorización y priorización de riesgos se recurrió al uso de la metodología denominada Proceso Analítico Jerárquico (AHP).

El modelo propuesto para resolver el tamaño óptimo de los diferentes sistemas fotovoltaicos conectados a red se afronta a partir de los diferentes criterios de clasificación existentes en la actualidad, dependiendo de la tecnología, la aplicación y el tamaño de los módulos que los definen. El tamaño (nominal instalado de capacidad) se destaca como una medida imparcial y crítica en el proceso de toma de decisiones.

Se utilizó la decisión multi-criterio para analizar las respuestas de cinco expertos a través de un cuestionario en el que los criterios se correlacionan con dos diferentes escalas de sistemas fotovoltaicos (pequeña y mediana escala por un lado y escala grande y muy grande por otro). Además, se realizó un análisis comparativo entre ambas escalas que nos permitió verificar la tendencia de preferencia con el mayor número de repeticiones.

Posteriormente, la limitación asociada con un bajo número de expertos es abordada con solidez mediante un nuevo análisis de sensibilidad a través del software Matlab. Con este estudio,

logramos primero aplicar y demostrar la viabilidad de una metodología híbrida de decisión con criterios múltiples que permite combinar la información técnica de forma cualitativa y cuantitativamente.

En segundo lugar, obtenemos un resultado claro que aumenta los beneficios de la instalación fotovoltaica en un sistema de generación distribuida, agregando hasta 1 GW de potencia máxima total en condiciones estándar.

Los resultados obtenidos muestran claramente que dentro de cada categoría de tamaño (es decir, pequeños y medianos versus sistemas a gran escala), la solución que optimiza los impactos socioeconómicos y ambientales corresponde a instalaciones solares fotovoltaicas de tamaño pequeño. La tendencia más repetida ha sido de menor a mayor escala ($A1 > A2 > A3 > A4$).

Esta es una conclusión relevante: el mejor uso de la inversión con respecto al impacto socioeconómico de las futuras instalaciones fotovoltaicas consiste en diseñar y construir pequeños y más distribuidos sistemas fotovoltaicos en lugar de plantas muy grandes, las cuales parecen constituir la tendencia real hoy día a nivel mundial.

El análisis de sensibilidad realizado en esta parte de la Tesis Doctoral proporciona una pista importante para resolver el problema. Está claro que tanto la correlación como la influencia entre los criterios varían mucho, teniendo un sinnúmero de criterios totalmente intrascendentes.

El problema ha sido resuelto a partir de la respuesta de un grupo de expertos, simplificando así los cuestionarios para aumentar las muestras de expertos. Por lo tanto, una vez conocido el resultado de los diferentes expertos se realiza el análisis de sensibilidad, permitiendo efectuar una simulación de expertos a través de algoritmos de aprendizaje, con el objetivo de proporcionar las variaciones necesarias que confieren solidez a los resultados al identificar las tendencias más fuertes.

En conclusión, se recomienda la inversión inicial en sistemas pequeños. Además, construyendo las plantas fotovoltaicas de esta forma resulta posible efectuar expansiones en los sistemas ya implantados con una futura inversión. Por lo tanto, esta parte de la tesis demuestra que, con herramientas de decisión robustas y argumentos sólidos, la política de “cuanto más grande mejor” no necesariamente funciona, ni para las partes interesadas ni para el medio ambiente.

En relación al análisis de la gestión de riesgos en las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red, se ha comprobado que los riesgos técnicos y financieros de una planta de generación de energía eléctrica con fuente renovable siguen siendo una barrera importante para financiar este tipo de proyectos. Se han enumerado los mecanismos disponibles que existen para reducir los riesgos de inversión en proyectos de energías limpias.

En esta Tesis Docotoral se evalúa todo el proceso de gestión de riesgo de un sistema fotovoltaico usando las herramientas básicas que nos proporciona la guía de gestión de proyectos PMI (Guía PMBOK) con el propósito de mejorar la rentabilidad y la viabilidad en el proceso de gestión.

El modelo resolutivo que hemos aplicado se concentra en mejorar las etapas de la gestión de riesgos en las que se aplica una evaluación de juicio de expertos. Para ello se ha recurrido a la aplicación de metodologías de toma de decisión multi-criterio respetando las técnicas y herramientas utilizadas actualmente.

Esta parte de la tesis se inicia abordando la etapa de la gestión del proyecto en la que se identifican los riesgos y documentan sus características. La identificación de riesgos permite responder a la necesidad de evaluación de los desarrolladores e inversionistas de este tipo de proyectos. Esta etapa es el punto de partida para analizar los distintos riesgos que afectan a la rentabilidad en una planta fotovoltaica. Utilizando metodologías de toma de decisión hemos generado la categorización y el orden de preferencia de cada uno de estos riesgos.

Para hacer esto, aplicamos también las técnicas y herramientas que nos proporciona la Guía PMBOK como son: técnicas para buscar información (Delphi y Checklist) y técnicas de diagramación (Ishikawa o DAFO). Por último, en esta parte de la tesis mejoramos el proceso de evaluación de juicios aplicando específicamente la metodología AHP.

El modelo se ha aplicado a dos casos de estudios reales en los cuales el análisis comparativo que se efectúa permite verificar su validez en cualquier instalación fotovoltaica sin importar su ubicación. Los riesgos identificados con mayor orden de importancia fueron el cambio en el marco legislativo y pérdidas por sombras y falta de mantenimiento. Siendo el riesgo financiero cambios en el marco legislativo el que afecta a la rentabilidad de las instalaciones con mayor relevancia. Es por ello que este riesgo exige una mayor atención a la hora de acometer inversiones sostenibles en las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red.

Se realizó un análisis de sensibilidad con el software Expert Choice para verificar la consistencia de los resultados, el cual arrojó un modelo de identificación de riesgos robusto y confiable. Aplicando esta etapa en la decisión multi-criterio se soluciona la problemática de la desconfianza que genera a los inversionistas del sector fotovoltaico la evaluación del riesgo en base a la experiencia y parcialización del experto.

Con las incertidumbres identificadas hemos desarrollado la siguiente etapa, la realización de un análisis que permitió determinar el impacto y la probabilidad de ocurrencia para proporcionar respuestas inmediatas a cada uno de estos riesgos. Con el modelo de análisis cualitativo resulta posible obtener la prioridad de atención de cada uno de estos riesgos.

En esta etapa de la evaluación de gestión de riesgos determinamos la severidad y la prioridad de atención de cada uno de los riesgos en que está sometido el proyecto. Aplicamos por un lado el método propuesto por la guía de proyectos PMI (Guía PMBOK) y por otro lado evaluamos la urgencia de los riesgos aplicando nuevamente el método AHP en la etapa de evaluación de juicio del análisis cualitativo de los riesgos.

Se obtuvieron unos resultados que dejan claros cuales son las incertidumbres que habría que atender antes y durante la vida útil de una instalación fotovoltaica conectada a red. Como hemos mencionado anteriormente cabe destacar que en esta etapa queda demostrado que este tipo de instalaciones no deben estar sometidas bajo ningún concepto a cambios retroactivos en sus normativas y subvenciones ya que se podría ver afectada de forma inmediata su rentabilidad.

El modelo aplicado garantiza a los inversionistas y desarrolladores de este tipo de proyectos la evaluación de la rentabilidad y la probabilidad de ocurrencia con rigurosidad y facilidad metodológica. Este análisis cualitativo garantiza la calidad de las acciones posteriores del proceso de gestión de riesgos y ha permitido identificar los riesgos que necesitan respuestas a corto plazo.

Y, por último, para terminar de modelar todo el proceso de gestión de riesgos aplicando decisión multi-criterio en la evaluación de juicio de los expertos resolvemos la problemática de obtención de datos cuantificables realizando un análisis cuantitativo de los riesgos.

Esta parte del estudio es el más exhaustivo y complejo, ya que comparamos la rentabilidad de varias instalaciones para mejorar el proceso de planificación en las respuestas de mitigación y contingencia de forma eficiente. Básicamente evaluamos la rentabilidad de dos instalaciones fotovoltaicas conectadas a red (República Dominicana y España) mediante la combinación ANP-TOPSIS que nos permite medir no solo la importancia de los riesgos sino también la influencia de cada uno de ellos.

El análisis cuantitativo nos permitió llevar a cabo las siguientes tareas: cuantificar los resultados del proyecto y sus probabilidades, evaluar la sensibilidad del proyecto frente a los riesgos y sus componentes, evaluar la probabilidad de lograr los objetivos específicos del proyecto y las consecuencias, valorar los riesgos que requieren una mayor atención frente a los cuales el proyecto es más sensible, identificar objetivos realistas y viables y adoptar la mejor decisión para la gestión de proyectos cuando algunas condiciones son inciertas.

Además, aplicando el método híbrido ANP-TOPSIS hemos logrado demostrar que los riesgos se pueden evaluar no solo cualitativamente sino también de forma cuantitativa mediante la toma de decisión multi-criterio. Obteniendo la planta fotovoltaica que mayor rentabilidad ofrece en este caso (Región de Murcia, España), a través del análisis cuantitativo que proponemos

ayudamos que inversores y desarrolladores de estos proyectos tomen la mejor decisión en caso de incertidumbre.

También se resuelve la dificultad adicional de controlar y mitigar los eventos operativos inesperados que producen las instalaciones de fuentes renovables como, por ejemplo: daños por fenómenos naturales, falta de suministros y reemplazos que pueden afectar a las unidades de generación conectadas a red.

Estas incertidumbres se suman a las que ya están presentes en la red, como las pérdidas, mantenimiento deficiente o precios de la energía. Este último análisis nos permitió cuantificar todos estos riesgos del proyecto para garantizar que todo el proceso de gestión de riesgo de forma previa obtenga la confianza y fiabilidad de los inversores de este tipo de proyectos.

Finalmente demostramos que el proceso de gestión de riesgo que desarrollamos mediante decisión multi-criterio es viable y rentable en proyectos de oportunidad que requieran la transición a un sistema energético que sea económicamente y ambientalmente sostenible. Este modelo es necesario en las fases críticas (planificación, construcción y puesta en marcha) de evaluación de tales instalaciones, su aplicación es también recomendado en gestión de riesgos para desarrollar sistemas fotovoltaicos similares en los países emergentes con necesidad de inversión en tecnologías renovables.

6.1 Aportaciones metodológicas

En cuanto a la metodología aplicada la comunidad en general puede beneficiarse enormemente utilizando estos métodos sofisticados de decisión multi-criterio en instalaciones fotovoltaicas y en cualquier tipo de proyecto sostenible. Con la metodología de decisión multi-criterio hemos asegurado que la experiencia y parcialización de los expertos involucrados sea confiable, ya que estas metodologías que hemos aplicado permiten medir la consistencia de cada experto.

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP) se aplicó en la identificación de los riesgos y en el análisis cualitativo utilizando el Expert Choice como una herramienta clave para demostrar solidez en los resultados. AHP es garantía de que en estos procesos de gestión de riesgos el experto puede identificar las debilidades de las herramientas, así como sus fortalezas relativas.

Se aplicó AHP únicamente en la etapa donde la problemática cumplía con las siguientes características: el problema no era complejo, existencia de necesidad de evaluación de juicio de expertos, la cantidad de criterios era igual o menor a 4, criterios cualitativos y el resultado se había analizado con otros métodos (Delphi, DAFO, Matriz de Probabilidad e Impacto etc.), porque AHP es un método de decisión multi-criterio que ofrece apoyo y consistencia de forma simple y rápida.

Con AHP los expertos pudieron determinar cuándo un criterio no era el más apropiado porque clasificando el pensamiento analítico, se evaluaron y establecieron prioridades entre criterios, desechando de esta forma los criterios que no eran relevantes. Además de que nos permitió formular un orden de prioridad aleatorio dándole rigor y comprobación científica al resultado.

En este mismo orden metodológico hemos combinado dos métodos Proceso Analítico en Red (ANP) y TOPSIS para obtener el tamaño óptimo de las instalaciones fotovoltaicas y en la etapa de evaluación de rentabilidad final en el proceso de gestión de riesgos.

Se utiliza ANP en vez de AHP en los casos que sí son complejos, que no intervienen ningún otro método y los criterios pueden ser dependientes entre sí, haciéndose necesario evaluar no solo la importancia sino también la influencia de los criterios para obtener un resultado más sólido. Con ANP hemos podido obtener el peso de los criterios y evaluar la consistencia de los resultados, efectuar ambas tareas únicamente con la metodología TOPSIS no resulta posible.

En cambio, TOPSIS nos permite evaluar criterios de forma cuantitativa y además elimina muchos de los procedimientos que se realizan en ANP permitiendo además que el modelo pueda llegar a una solución en un tiempo más reducido y disminuyendo la complejidad de computación que supone la utilización solo con ANP.

La combinación de ANP-TOPSIS es potente, nunca había sido aplicada en soluciones para problemáticas en instalaciones fotovoltaicas. Gracias a esta combinación hemos minimizado la cantidad de cuestionarios realizados a los expertos, lo que supone un gran hándicap en la investigación, para realizar el modelo en un tiempo más breve. Aplicando ANP-TOPSIS nos ahorramos preguntas por experto según la cantidad de criterios que pueda tener el problema. Esto se traduce en un número menor de cálculo de matrices y en menor inconsistencia de los expertos.

También aplicando el análisis de sensibilidad al ANP-TOPSIS se concretó que sirve de forma eficiente en la interpretación de datos. Se demuestra que cualquier variación de los pesos de los criterios y alternativas con ANP-TOPSIS es válida y robusta. Cualquier variación que se produce con este método de decisión multi-criterio en cualquier peso se extiende y difunde a los demás pesos aplicando el proceso de normalización que establece.

6.2 Trabajos Futuros

En primer lugar, resaltamos que el modelo de optimización y gestión que proponemos mediante toma de decisión multi-criterio se puede extender y extrapolar a otras instalaciones fotovoltaicas localizados en distintas regiones y en zonas más específicas. Además, con esta información se pueden realizar estudios que examinen y comparen las ventajas de las diferentes tecnologías en lugar de comparar los tamaños, por ejemplo.

Metodológicamente el trabajo futuro es abordar la cuestión del número de expertos, está claro que, dado el tamaño de la muestra y el tecnicismo del tema, resulta adecuado tener un número mayor de expertos, pero esa es una tarea difícil, precisamente por la dificultad de contar con expertos que tengan una visión global del problema.

Por otro lado, se debe tener en cuenta analizar de forma rigurosa si es viable aplicar lógica difusa para modelizar “mejor” la incertidumbre e impresión en este tipo de problemas que son tan cambiantes. Otra línea de investigación dentro de la metodología es la exploración de la clasificación a la agregación del grupo TOPSIS en futuros estudios, con el fin de demostrar si la clasificación de grupo es la misma que la tendencia más repetida de manera individual por experto ($A1 > A2 > A3 > A4$), por ejemplo, en el caso de la obtención del tamaño óptimo.

Para avanzar en la fase de planificación de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red se deberá de estudiar la viabilidad de aplicar otras técnicas e instrumentos de decisión, teniendo en cuenta los factores que proporcionamos en esta Tesis Doctoral, para comparar de manera efectiva el proceso de optimización y gestión del proyecto.

En cuanto al primer tema de esta Tesis Doctoral: tamaño óptimo de las ISF conectadas a red, sería interesante aplicar el modelo propuestos en diferentes regiones identificando y resolviendo las necesidades particulares de los lugares geográficamente localizados, esto requerirá un conocimiento de expertos locales y criterios específicos.

Respecto a la rentabilidad y viabilidad en ISF conectas a red a partir de la gestión de los riesgos, será importante tener en cuenta de forma más rigurosa las condiciones de financiación contenidas en el proyecto. También deben ser cosideradas las disposiciones que regulen los procesos de mantenimiento, los cálculos técnicos, la precisión de los datos y la estabilidad legislativa del territorio en las plantas fotovoltaicas.

Otro aspecto importante a destacar es que en el proceso de identificación de riesgos presentamos un diagrama funcional. Éste constituye un excelente punto de partida para la creación de una herramienta informática capaz de facilitar la extracción del conocimiento del grupo de expertos, y realizar el análisis en mucho menor tiempo y con mayor eficacia.

Analizar el riesgo y las consecuencias potenciales que surgen a partir de estimaciones claras a través del tiempo de cada uno de los riesgos en la etapa final del análisis cuantitativo podría constituir una nueva línea a iniciar. Y finalmente, dado que la robustez del método híbrido ANP-TOPSIS no ha sido evaluado en la etapa del análisis cuantitativo de la gestión de los riesgos, incluir un análisis de sensibilidad en función de los resultados obtenidos.

Capítulo 7

7. PUBLICACIONES

En este capítulo final vamos a enumerar las publicaciones realizadas a lo largo del proceso de elaboración de esta Tesis Doctoral en revistas científicas y capítulos de libros.

Cada una de estas publicaciones ha sido elaborada con la colaboración de distintos grupos de investigación en los que hemos aportado la aplicación de los distintos modelos metodológicos en la gestión de proyectos de sistemas fotovoltaicos y otras distintas fuentes tecnológicas renovables.

- ✚ Guerrero-Liquet, G. C., Sánchez-Lozano, J. M., García-Cascales, M. S., & Faxas-Guzman. (2015). Risk Management in the Renewable Energy Field: Comparative Analysis and Study case in the Dominican Republic. 19th International Congress on Project Management and Engineering, AEIPRO, Granada 15-17th July 1775-1788.

- ✚ Guerrero-Liquet, G. C., Sánchez-Lozano, J. M., García-Cascales, M. S., Lamata M.T., & Verdegay J.L. (2016). Decision-Making for risk management in sustainable renewable energy facilities: A case study in the Dominican Republic. Sustainability, 8(5), 455.

- ✚ Guerrero-Liquet, G. C., Sánchez-Lozano, J. M., García-Cascales, M. S., & Campos-Guzmán V. (2016). Comparative Analysis of Risk in Photovoltaic Installations: Murcia-Dominican Republic. 20th International Congress on Project Management and Engineering, AEIPRO, Cartagena 13-15th July 1643-1655.

- ✚ Guerrero-Liquet, G. C., Sánchez-Lozano, J. M., & García-Cascales, M. S. (2018). Qualitative Analysis on Risk Assessment in Photovoltaic Installations: Case study in the Dominican Republic. [Lecture Notes in Management and Industrial Engineering](#) book series (LNMIE), [Project Management and Engineering Research](#) AEIPRO 2017, pp 203-216.

- ✚ Guerrero-Liquet, G. C., Oviedo-Casado, Santiago, Sánchez-Lozano, J. M., García-Cascales, M. S., Prior, Javier, & Urbina, Antonio. (2018). Determination of the Optimal Size of Photovoltaic Systems by Using Multi-Criteria Decision-Making Methods. Sustainability, 10(12), 4594.

- ✚ Guerrero-Liquet, G. C., Sánchez-Lozano, J. M., & García-Cascales, M. S. (2019). Quantitative analysis on risk assessment in photovoltaic installations: case study in the Region of Murcia and the Dominican Republic [Lecture Notes in Management and Industrial Engineering](#) book series (LNMIE), [Project Management and Engineering Research](#) AEIPRO 2018. (En espera de publicación).

Capítulo 8

8. BIBLIOGRAFÍA

Abtahi Amir & Messenger Roger A, (2017). “Photovoltaic Systems Engineering”, CRC Press, 4th Edition. Published March . 504 Pages. ISBN 9781498772778.

Abdmouleh Z, Gastli A, Ben-Brahim L, Haouari M, & Ahmed Al-Emadi N. (2017). Review of optimization techniques applied for the integration of distributed generation from renewable energy sources. *Renewable Energy*, Volume 113, 266-280.

Ackermann T, Andersson G & Söder L. (2001). Distributed generation: a definition. *Electric Power Systems Research*, Volume 57(3):195–204.

Administración de Información de Energía de EE. UU. (EIA). (2019), Estados Unidos.

Ahlborg Helene, (2018). Changing energy geographies: The political effects of a small-scale electrification project. *Geoforum*, Volume 97, December, Pages 268-280.

Ahmad S & Mat Tahar R. (2014). Selection of renewable energy sources for sustainable development of electricity generation system using analytic hierarchy process: A case of Malaysia. *Renewable Energy*, Volume 63, March, Pages 458–466.

Ardini, C., Cabral, R. & Santos, E. (2019). The macroeconomic impact of renewable electricity power generation projects. *Renewable Energy*, Volume 131, February, Pages 1047-1059.

Asociación de empresas de energías renovables (APPA). (2019) ¿Qué es la energía fotovoltaica?, Madrid, España.: APPA Madrid. Recuperado de <https://www.appa.es/> .

Al Garni, H. Kassem, A., Awasthi, A., Komljenovic, D. & Al-Haddad, K. (2016). A multicriteria decision making approach for evaluating renewable power generation sources in Saudi Arabia. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Volume 16, 1 August, Pages 137-150.

Almansa, C., & Martinez-Paz, J. M. (2011). What weight should be assigned to future environmental impacts? a probabilistic cost benefit analysis using recent advances on discounting. *Science of the Total Environment*, 409(7),1305-1314.

Alonso, J.A. & Lamata, M. T. (2004). Estimation of the Random Index in the Analytic Hierarchy Process. *Proceedings of Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems. (IPMU'04)*, Perugia, Vol I, 317-322.

Alonso, J. A. & Lamata, M. T. (2006). Consistency in the analytic hierarchy process a new approach. *International Journal of Uncertainty Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 14, 445–459.

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.

Aragonés-Beltrán, P., Chaparro-González, F., Pastor-Ferrando, J.P. & Rodríguez-Pozo, F. (2010). An ANP-based approach for the selection of photovoltaic solar power plant investment projects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 14, Issue 1, January, Pages 249-264.

Aragonés-Beltrán, P., Chaparro-González, F. & Pastor-Ferrando J.P. (2014). An AHP (Analytic Hierarchy Process)/ANP (Analytic Network Process)-based multi-criteria decision approach for the selection of solar-thermal power plant investment projects. *Energy*, Volume 66, 1 March, Pages 222–238.

Arancibia, S., Contreras, E., Mella, S., Torres, P., & Villalba, I. (2003). Evaluación Multicriterio: aplicación para la formulación de proyectos de infraestructura deportiva. Universidad de Chile, Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN).

Aran Carrion A, Espin Estrella A, Aznar Dolsa F. & Ramos Ridaio A. (2008). The electricity production capacity of photovoltaic power plants and the selection of solar energy sites in Andalusia (Spain). *Renewable Energy*, Volume 33, Pages 545–552.

Arnold, U. & Yildiz, O. (2015). Economic risk analysis of decentralized renewable energy infrastructures e A Monte Carlo Simulation approach. *Renewable Energy*, 77, 227-239.

Astles, K. L., Gibbs, P. J., Steffe, A. S., & Green, M. (2009). A qualitative risk-based assessment of impacts on marine habitats and harvested species for a data deficient wild capture fishery. *Biological Conservation*, 142(11), 2759-2773.

Ayağ Z & Özdemir R.G. (2012). Evaluating machine tool alternatives through modified TOPSIS and alpha-cut based fuzzy ANP. *International Journal of Production Economics*, 140(2): 630–636.

Azofra D., Saenz-Díez J.C., Martínez E., Jimenez E & Blanc J. (2016). Ex-post economic analysis of photovoltaic power in the Spanish grid: Alternative scenarios. *Renewable Energy*, Volume 95, April, Pages 98–108.

Bacca Urbina Gabriel. (2013). Evaluación de Proyectos. Mac Graw-Hill. Séptima Edición. Instituto Politécnico Nacional, México

Bagheri A, Monsef H & Lesani H. (2015). Integrated distribution network expansion planning incorporating distributed generation considering uncertainties, reliability, and operational conditions. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Volume 73: 56–70.

Barin, A., Canha, L.N., Abaide, A.R., Magnago K.F. & Machado, R.Q. (2011). Storage energy management with power quality concerns the analytic hierarchy process and the fuzzy logic. *IEEE*, 978-1-4244-3370-4/09. COBEP 2009, 5347765, pp. 225-231.

Baumann Manuel J, (2017). Battery storage systems as balancing option in intermittent renewable energy systems - A transdisciplinary approach under the frame of Constructive Technology Assessment. Facultad de Ciencias Tecnológicas. Universidad de Lisboa. Julio. Portugal. Karlsruhe Institute of Technology. Institute for Technology Assessment and Systems Analysis.

Becker Soren, Kunze Conra & Vancea Mihaela, (2017). Community energy and social entrepreneurship: Addressing purpose, organisation and embeddedness of renewable energy projects. Journal of Cleaner Production, Volume 147, 20 March, Pages 25-36.

Beylot A., Payet J., Puech C., Adra N., Jacquin P., Blanc I. & Beloin-Saint-Pierre D. (2014). Environmental impacts of large-scale grid-connected ground-mounted PV installations. Renewable Energy, Volume 61 (2-6).

Budzianowski Wojciech, Natongo Irene, Bamutura Cleus, Rwema Michel, Lyambai Martin, A. bimana Colette, O. Akumu Eric, O. Babalola Samuel & K.K. Gachuri Amon, (2018). Business models and innovativeness of potential renewable energy projects in Africa. Renewable Energy, Volume 123, August, Pages 162-190.

Burgherr, P. & Hirschberg, S. (2014). Comparative risk assessment of severe accidents in the energy sector. Energy Policy, 74 (1), 45-56.

Büyükoçkan, G. & Çifçi, G. (2012). A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers. Expert Systems with Applications, Volume 39, Issue 3, 15 February, Pages 3000–3011.

Buyukozkan Gulcin & Karabulut Yagmur, (2017). Energy project performance evaluation with sustainability perspective. Energy, Volume 119, 15 January, Pages 549-560.

Caamaño Martín Estefanía. (1998). Edificios Fotovoltaicos conectados a la red eléctrica: Caracterización y Análisis. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.

Cables, E., Garcia-Cascales, M.S. & Lamata, M.T. (2012). The LTOPSIS: An alternative to TOPSIS decision-making approach for linguistic variables. Expert Systems with Applications, 39, pp. 2119–2126.

Cabello, J.M., Luque, M., Miguel, F., Ruiz, A.B. & Ruiz, F. (2014). A multiobjective interactive approach to determine the optimal electricity mix in Andalucía (Spain). TOP, Volume 22, Issue 1, April, Pages 109-127.

Cabrera-Tobar A, Bullich-Massagué E, Aragüés-Peñalba M & Gomis-Bellmunt O. (2016). Topologies for large scale photovoltaic power plants. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 59, June, Pages 309–319.

- Cai, Y. P., Huang, G. H., Yang, Z. F., & Tan, Q. (2009). Identification of optimal strategies for energy management systems planning under multiple uncertainties. *Applied Energy*, 86(4), 480-495.
- Campos-Guzmán, V., García-Cáscales, M.S., Sánchez-Lozano, J.M., Pelta, D. & Lamata, M.T. (2017). Selection of a fuzzy AHP-TOPSIS electrification system for an isolated rural area in southern México. *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, 23 August.
- Cardell, J. & Tabors, R. (1998). Operation and control in a competitive market: distributed generation in a restructured industry, in: *The Energy Journal Special Issue: Distributed Resources: Toward a New Paradigm of the Electricity Business*, The International Association for Energy Economics, Cleveland, Ohio, USA, pp. 111–135.
- Cavallaro, F. (2010). A comparative assessment for thin-film photovoltaic production processes using the ELECTRE III method. *Energy Policy*, 38, pp. 463-474.
- Celiktas, M. S., & Kocar, G. (2010). From potential forecast to foresight of Turkey's renewable energy with Delphi approach. *Energy*, 35(5), 1973-1980.
- Changa, K.L., Liaob Sen-Kuei, Tsengc Tzeng-Wei & Liaod Chi-Yi. (2015). An ANP based TOPSIS approach for Taiwanese service apartment location selection. *Asia Pacific Management Review*, Volume 20, Issue 2, June, Pages 49–55.
- Chang B, Kuo Chin, Wu Chih-Hung, Tzeng & Gwo-Hshiung. (2015). Using Fuzzy Analytic Network Process to assess the risks in enterprise resource planning system implementation. *Applied Soft Computing*, Volume 28, March, Pages 196–207.
- Chatzimouratidis, A.I. & Pilavachi, P.A. (2012). Decision support systems for power plants impact on the living standard. *Energy Conversion and Management*, Volume 64, December Pages 182-198.
- Cheng-Shiung, W., Chin-Tsai, L. & Chuan, L. (2010). Optimal marketing strategy: A decision-making with ANP and TOPSIS. *International Journal of Production Economics*, 127(1): 190–196.
- CIGRE. (1998). Impact of increasing contribution of dispersed generation on the power system; CIGRE Study Committee no 37, Final Report, September.
- Colli, A., Vetere Arellano, A.L., Kirchsteiger, C, & Ale B.J.M. (2009). Risk characterization indicators for risk comparison in the energy sector. *Safety Science* 47, 59–77.
- Conti S., Raiti S., Tina G. & Vagliasindi U. (2003). Integration of multiple PV units in urban power distribution systems. *Solar Energy*, Volume 75, Pages 87–94.

Conti S. & Raiti S. (2007). Probabilistic load flow using Monte Carlo techniques for distribution networks with photovoltaic generators. *Solar Energy*, Volume 81, Pages 1473–1481.

Corona B., de la Rúa C. & San Miguel G. (2016). Socio-economic and environmental effects of concentrated solar power in Spain: A multiregional input output analysis. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, Available online 6 April.

Da Silva Pereira, E., Tavares Pinho, J., Barros Galhardo, A.B., & Negrao Macedo, W. (2014). Methodology of risk analysis by Monte Carlo Method applied to power generation with renewable energy. *Renewable Energy*, 69, 347-355.

Datta, A. Saha, D., Ray, A. & Das, P. (2014). Anti-islanding selection for grid-connected solar photovoltaic system applications: A MCDM based distance approach. *Solar Energy*, Volume 110, December 01, Pages 519-532.

Debyani, G., Shukla, P.R, Garg, A., & VenkataRamana, P. (2002). Renewable energy technologies for the Indian power sector: mitigation potential and operational strategies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6, 481–512.

Decreto-Ley: República Dominicana. *Ley 57-07 Reglamento Decreto 202-08. Sobre Incentivos al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía y sus Regímenes Especiales*. (Comisión Nacional de Energía, 2012).

Delicado A., Figueiredo E. & Silva L. (2016). Community perceptions of renewable energies in Portugal: Impacts on environment, landscape and local development. *Energy Research & Social Science*, Volume 13, March, Pages 84–93.

Dimić, S., Pamučar, D., Ljubojević, S. & Đorović, B. (2016). Strategic Transport Management Models—The Case Study of an Oil Industry, *Sustainability*, 8(9), 954.

Dirección General de Industria y Energía. S.F. Anexo XIII Guía de contenidos mínimos de proyectos de instalaciones fotovoltaicas. Consejería de Industria, Comercio y Nuevas Tecnologías. Gobierno de Canarias. Recuperado de <http://www.gobiernodecanarias.org/ceic/energia/temas/energielectrica/guiaproyectos/>.

Domenech, B., Ferrer-Martí, L. & Pastor, R. (2019). Comparison of various approaches to design wind-PV rural electrification projects in remote areas of developing countries. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, Volume 8, Issue 3, May, Article number e332.

Duailibe Ribeiro A.E., Cardoso Arouca M. & Moreira Coelho D. (2016). Electric energy generation from small-scale solar and wind power in Brazil: The influence of location, area and shape. *Renewable Energy*, Volume 85: 554–563.

- Dyreson A. R., Morgan E. R., Monger S. H. & Acker T. L. (2014). Modeling solar irradiance smoothing for large PV power plants using a 45-sensor network and the Wavelet Variability Model. *Solar Energy*, Volume 110, December, Pages 482–495.
- Ebers Broghel Anna & Hampl Nina, (2018). Community financing of renewable energy projects in Austria and Switzerland: Profiles of potential investors. *Energy Policy*, Volume 123, December, Pages 722-736.
- Ervural, B.C., Zaim, S., Demirel, O.F., Aydin, Z. & Delen, D. (2018). An ANP and fuzzy TOPSIS-based SWOT analysis for Turkey's energy planning. *Renew. Sustain. Energy Rev*, 82, 1538–1550.
- Esmaili M., Sedighizadeh M. & Esmaili M. (2016). Multi-objective optimal reconfiguration and DG (Distributed Generation) power allocation in distribution networks using Big Bang-Big Crunch algorithm considering load uncertainty. *Energy*, Volume 103, 15 May, Pages 86–99.
- Expert Choice; 2000. Product brief, <http://www.expertchoice.com/>.
- Frantál Bohum, Horst Dan Van, Martinát Stanislav, Schmitz Serge, Teschner Ná ama, Silva Luis, Golobic Mojca & Roth Michael, (2018). Spatial Targeting, Synergies and Scale: exploring the criteria of smart practices for siting renewable energy projects. *Energy Policy*, Volume 120, September, Pages 85-93.
- Friebe C.A., Flotow P.V. & Taube F.A. (2013). Exploring the link between products and services in low-income markets—Evidence from solar home systems. *Energy Policy*, Volume 52, January, Pages 760–769.
- Frisari, G., & Stadelmann, M. (2015). De-risking concentrated solar power in emerging markets: The role of policies and international finance institutions. *Energy Policy*, 82, 12-22.
- Gabinete Técnico de Prevención y Seguridad Industrial en Pymes (CEPYME), (2009). *Manual de procedimientos de trabajo seguro en la actividad de instalación y mantenimiento de paneles de energía solar foto térmica y fotovoltaica*. Gobierno de Aragón, Departamento de Economía, Hacienda y Empleo, Zaragoza; España, 257 pp.
- Garcia-Bernabeu, A., Benito, A., Bravo, M. & Pla-Santamaria, D. (2016). Photovoltaic power plants: a multicriteria approach to investment decisions and a case study in western Spain. *Annals of Operations Research*, Volume 245, Issue 1-2, 1 October, Pages 163-175.
- García-Cascales M.S., & Lamata, M. T. (2009). Selection of a cleaning system for engine maintenance based on the analytic hierarchy process. *Computers & Industrial Engineering*, 56 1442–1451.

García-Cascales, M^a Socorro, Lamata, M. Teresa & Sánchez-Lozano J. Miguel. (2012). Evaluation of photovoltaic cells in a multi-criteria decision making process. *Annals of Operations Research*, Volume 199, Issue 1, September, Pages 373-391.

Gas Research Institute, Distributed Power Generation: A Strategy for a Competitive Energy Industry, Gas Research Institute, Chicago, USA 1998.

Gatzert Nadine & Kosub Thomas. (2016). Risks and risk management of renewable energy projects: The case of onshore and offshore wind parks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 60, July, Pages 982-998.

Gelabert L, Labandeira X. & Linares P. (2011). An ex-post analysis of the effect of renewables and cogeneration on Spanish electricity prices. *Energy Economics*, Volume 33, Supplement 1, December, Pages S59–S65.

Goedkoop Fleur & Devine-Wright Patrick, (2016). Partnership or placation? The role of trust and justice in the shared ownership of renewable energy projects. *Energy Research & Social Science*. Volume 17, July, Pages 135-146.

Goe, M., Gaustad, G. & Tomaszewski, B. (2015). System tradeoffs in siting a solar photovoltaic material recovery infrastructure. *Journal of Environmental Management*, Volume 160, September 01, Pages 154-166.

Goh H.H, Lee S.W., Chua Q.S., Goh K.C., Kok B.C. & Teo K.T.K, (2014). Renewable energy project: Project management, challenges and risk. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 38, October, Pages 917-932.

Ghosh, D., Shukla, P. R., Garg, A., & Ramana, P. V. (2002). Renewable energy technologies for the Indian power sector: mitigation potential and operational strategies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6(6), 481-512.

Gómez-López, M. D., García-Cascales, M. S., & Ruiz-Delgado, E. (2010). Situations and problems of renewable energy in the Region of Murcia, Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(4), 1253-1262.

Gómez-Senent Martínez Eliseo & Capuz Riso Salvador. (1999). *El Proyecto y su dirección y gestión*. Universidad Politécnica de Valencia. Servicio de publicación, Valencia, España. ISBN: 9788477218364.

González, J. B. C. (2011). Evaluación y análisis de la mejora del servicio de autorización de exportación del registro de bienes culturales de matanzas. *Avanzada Científica*, 13(2), 1-15.

Gooding J., Edwards H., Gieseckam J. & Crook R. (2013). Solar City Indicator: A methodology to predict city level PV installed capacity by combining physical capacity and socio-economic factors. *Solar Energy*, Volume 95, September, Pages 325–335.

Grossmann Wolf D., Grossmann Iris. & Steininger Karl W. (2013). Distributed solar electricity generation across large geographic areas, Part I: A method to optimize site selection, generation and storage. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 25, Pages 831–843.

Guerrero-Liquet, G. C., Sánchez-Lozano, J. M., García-Cascales, M. S., Lamata M.T., & Verdegay J.L. (2016). Decision-Making for risk management in sustainable renewable energy facilities: A case study in the Dominican Republic. *Sustainability*, 8(5), 455.

Guerrero-Liquet, G. C., Sánchez-Lozano, J. M., García-Cascales, M. S., & Campos-Guzmán V. (2016b). Comparative Analysis of Risk in Photovoltaic Installations: Murcia-Dominican Republic. 20th International Congress on Project Management and Engineering, AEIPRO, Cartagena 13-15th July 1643-1655.

Guerrero-Liquet, G. C., Oviedo-Casado, Santiago, Sánchez-Lozano, J. M., García-Cascales, M. S., Prior, Javier, & Urbina, Antonio. (2018). Determination of the Optimal Size of Photovoltaic Systems by Using Multi-Criteria Decision-Making Methods. *Sustainability*, 10(12), 4594.

Guerrero-Liquet, G. C., Sánchez-Lozano, J. M., & García-Cascales, M. S. (2018b). Qualitative Analysis on Risk Assessment in Photovoltaic Installations: Case study in the Dominican Republic. [Lecture Notes in Management and Industrial Engineering](#) book series (LNMIE), [Project Management and Engineering Research](#) AEIPRO 2017, pp 203-216.

Guerrero-Liquet, G. C., Sánchez-Lozano, J. M., & García-Cascales, M. S. (2019). Quantitative analysis on risk assessment in photovoltaic installations: case study in the Region of Murcia and the Dominican Republic [Lecture Notes in Management and Industrial Engineering](#) book series (LNMIE), [Project Management and Engineering Research](#) AEIPRO 2018. (En espera de publicación).

Hanger S., Komendantova N., Schinck B., Zejli D., Ihlal f A. & Patt A. (2016). Community acceptance of large-scale solar energy installations in developing countries: Evidence from Morocco. *Energy Research & Social Science*, Volume 14, April, Pages 80–89.

Harmelink, M., Voogt, M., & Cremer, C. (2006). Analysing the effectiveness of renewable energy supporting policies in the European Union. *Energy Policy*, 34(3), 343-351.

He G. & Kammen D. M. (2016). Where, when and how much solar is available? A provincial-scale solar resource assessment for China. *Renewable Energy*, Volume 85, January, Pages 74–82.

Hicks Jarra & Ison Nicola, (2018). An exploration of the boundaries of ‘community’ in community renewable energy projects: Navigating between motivations and context. *Energy Policy*, Volume 113, February, Pages 523-534.

Hitzeroth Mation & Megerle Andreas, (2013). Renewable Energy Projects: Acceptance Risks and Their Management. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 27, November, Pages 576-584.

Hsueh, J.-T. & Lin, C.-Y. (2017). Integrating the AHP and TOPSIS decision processes for evaluating the optimal collection strategy in reverse logistic for the TPI. *International Journal of Green Energy*, Volume 14, Issue 14, 14 November, Pages 1209-1220.

Hook, D., Gustafsson, P., Nordstrom, L., & Johnson, P. (2009). An enterprise architecture based method enabling quantified analysis of it support system's impact on maintenance management. In *Management of Engineering & Technology*, 2009. PICMET 2009. Portland International Conference on, pages 3176-3189. IEEE.

Hwang, C. L. & Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Methods and Applications*. Springer, Berlin Heidelberg.

ICEX Instituto Español de Comercio Exterior; Agosto (2012). *El mercado de Energías Renovables en República Dominicana*. Estudios de Mercado. Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Santo Domingo.

IFC-BHD International Finance Corporation. Banco Hipotecario Dominicano.; (2010). *Línea de Financiamiento IFC Financiamiento sostenible para clientes BHD*. Publicado por: Comisión Nacional de Energía. República Dominicana.

Ikejamba C.X. Eugene, Schuur Peter C., Hillegersberg Jos Van & Mpuan Peter B. (2017). Failures & generic recommendations towards the sustainable management of renewable energy projects in Sub-Saharan Africa (Part 2 of 2). *Renewable Energy*, Volume 113, December, Pages 639-647.

Indraal I. Muhammad, Halog Anthony & Nepal Rabindra, (2019). Renewable energy projections for climate change mitigation: An analysis of uncertainty and errors. *Renewable Energy*, Volume 130, January, Pages 536-546.

International Project Manager Association. (2009). *Asociación Española de Ingeniería de Proyectos*. Bases para la competencia en dirección de proyectos NCB 3ª edición. Valencia España.

IRENA (2018), *Corporate Sourcing of Renewables: Market and Industry Trends – REMade Index 2018*. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. ISBN 978-92-9260-066

- IRENA. (2018). Renewable power: Climate-safe energy competes on cost alone, (Renewables 4 Climate update for COP24), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA. (2018). Renewable Power Generation Costs in 2017. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. ISBN 978-92-9260-040-2. <http://www.irena.org>
- Jacques D. A., Gooding J., Gieseckam J.J., Tomlin A. S. & Crook R. (2014). Methodology for the assessment of PV capacity over a city region using low-resolution LiDAR data and application to the City of Leeds (UK). *Applied Energy*, Volume 124, Pages 28–34.
- Kaldellis J.K., Zafirakis D. & Kondili E. (2010) Optimum sizing of photovoltaic-energy storage systems for autonomous small islands. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Volume 32(1): 24-36.
- Keil, M., Cule, P. E., Lysine, K., & Schmidt, R. C. (1998). A framework for identifying software project risks. *Communications of the ACM*, 41(11), 76-83.
- Kirkman Grant A, Seres Stephen & Haites Erik, (2013). Renewable energy: Comparison of CDM and Annex I projects. *Energy Policy*, Volume 63, December, Pages 995-1001.
- Komendantova, N., Patt, A., Barras, L., & Battaglini, A. (2012). Perception of risks in renewable energy projects: The case of concentrated solar power in North Africa. *Energy Policy*, 40, 103-109.
- Lai, Y., L., Liu C., L., & Hwang, C., L. (1994). "TOPSIS for MODM," *European Journal of Operational Research*, vol. 76, no. 3, pp. 486-500.
- Latunussa C.E.L., Ardente F., Blengini G.A. & Mancini L. (2016). Life Cycle Assessment of an innovative recycling process for crystalline silicon photovoltaic panels. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, Volume 156, November, Pages 101-111.
- Law O.K. Angel & Lam T.I. Patrick, (2018). Financing for renewable energy projects: A decision guide by developmental stages with case studies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 90, July, Pages 937-944.
- Lee, A. H. I., Kang, Y., Lin, C.Y., & Shen, K.C. (2015). An Integrated Decision-Making Model for the Location of a PV Solar Plant. *Sustainability*, 7, 13522-13541.
- Lee H.I. Amy, Kang He-Yau & Huang Tzu-Ting, (2017). Project management model for constructing a renewable energy plant. *Procedia Engineering*, Volume 174, Pages 145-154.
- Li, J., Fang, H. & Song, W. (2018). Sustainability evaluation via variable precision rough set approach: A photovoltaic module supplier case study. *Journal of Cleaner Production*, Volume 192, 10 August, Pages 751-765.

Liu, J., Xu, F. & Lin, S. (2017). Site selection of photovoltaic power plants in a value chain based on grey cumulative prospect theory for sustainability: A case study in Northwest China. *Journal of Cleaner Production*, Volume 148, 1 April, Pages 386-397.

Liu Xingmin, Ren Hong, Wu Yong & Kong Deping, (2013). An analysis of the demonstration projects for renewable energy application buildings in China. *Energy Policy*, Volume 63, December, Pages 382-397.

Loncart Dragan, Milovanovic Ivan, Rakic Biljana & Radjenovic Tamara, (2017). Compound real options valuation of renewable energy projects: The case of a wind farm in Serbia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 75, August, Pages 354-367.

Lv T. & Ai Q. (2016). Interactive energy management of networked microgrids-based active distribution system considering large-scale integration of renewable energy resources. *Applied Energy*, Volume 163, 1 February, Pages 408–422.

Mallikarjun S. & Lewis H. F. (2014). Energy technology allocation for distributed energy resources: A strategic technology-policy framework. *Energy*, Volume 72: 783–799.

Maqbool Rashid, (2018). Efficiency and effectiveness of factors affecting renewable energy projects; an empirical perspective. *Energy*, Volume 158, 1 September, Pages 944-956.

Maqbool Rashid & Sudong Ye. Critical success factors for renewable energy projects; empirical evidence from Pakistan. *Journal of Cleaner Production*. Volume 195, 10 September 2018, Pages 991-1002.

Mardani, A., Jusoh, A., Kazimieras Zavadskas, E., Cavallaro, F., & Khalifah, Z. (2015). Sustainable and Renewable Energy: An Overview of the Application of Multiple Criteria Decision Making Techniques and Approaches. *Sustainability*, 7, 13947-13984.

Marhavilas, P.K & Koulouriotis D.E. (2012). A combined usage of stochastic and quantitative risk assessment methods in the worksites: Application on an electric power provider. *Reliability Engineering and System Safety* 97 36–46.

Markmann, C., Darkow, I., & von der Gracht, H. (2012). A delphi-based risk analysis: Identifying and assessing future challenges for supply chain security in a multi-stakeholder environment. *Technological Forecasting and Social Change*, 80 (9), 1815-1883.

Markvart Tomas. (2000). “Solar Electricity”, 2nd Edition, published by Wiley. July, 298 Pages ISBN: 978-0-471-98852-6. <http://www.wiley.com/>.

Mateu Carlos. (2012). La Generación Distribuida gracias a la energía solar fotovoltaica. *Suelo Solar New Solar*, 23/07/2012. <http://www.suelosolar.com/newsolares/newsol.asp?id=7095>

- Mena, R., Hennebel, M., Yan-FuLI., Ruiz, C., & Zio, E. (2014). A risk-based simulation and multi-objective optimization framework for the integration of distributed renewable generation and storage. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, 778–793.
- Mortezaa, Z., Mohamad, Rezab, F., Mohammad & Seddiqc M. (2016). Selection of the optimal tourism site using the ANP and fuzzy TOPSIS in the framework of Integrated Coastal Zone Management: A case of Qeshm Island. *Ocean & Coastal Management*, Volume 130, October, Pages 179–187.
- Mulhall, R.A., & Bryson, J.R. (2014). Energy price risk and the sustainability of demand side supply chains. *Applied Energy*, 123, 327–334.
- Nedjati, A. & Izbirak, G. (2013). Evaluating the Intellectual Capital by ANP Method in a Dairy Company. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Volume 107, 11 December, Pages 136-144.
- Obara S., Morel J., Konno D. & Utsugi Y. (2014). Output prediction of large-scale photovoltaics by wind-condition analysis using 3D topographic maps. *Solar Energy*, Volume 105, July, Pages 157–169.
- Oberti, P. Muselli, M. & Haurant, P. (2013). Photovoltaic plants selection on an insular grid using multicriteria outranking tools: Application in corsica island (France). *Green Energy and Technology*, Volume 129, Pages 27-54.
- Oksay, S. & Emre, I., (2011). A new energy paradigm for Turkey: A political risk-inclusive cost analysis for sustainable energy. *Energy Policy*, 39, 2386–2395.
- Paatero J. V. & Lund P. D. (2007). Effects of large-scale photovoltaic power integration on electricity distribution networks. *Renewable Energy*, Volume 32(2): 216-234.
- Paravantis A. John, Stigka Eleni, Mihalakaku Giouli, Michalena Evanthie, M. Hills Jeremy & Dorumas Vasilis, (2018). Social acceptance of renewable energy projects: A contingent valuation investigation in Western Greece. *Renewable Energy*, Volume 123, August, Pages 639-651.
- Pasquevich Daniel M (2011). La creciente demanda mundial frente a los riesgos ambientales. Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable, Comisión nacional de Energía Atómica, Argentina. Publicado en el sitio web de la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias en la sección “Energía y Ambiente”.
- Phillips J. (2013). Determining the sustainability of large-scale photovoltaic solar power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Volume 27, November, Pages 435–444.

Pickard Martin. (2016). Global investment in renewable energy projects: How the whole world is jumping on the renewables bandwagon. *Renewable Energy Focus*, Volume 17, Issue 6, November–December, Pages 229-230.

Pietrosemoli, L. & Monroy, C.R. (2013). The impact of sustainable construction and knowledge management on sustainability goals. A review of the Venezuelan renewable energy sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 27, 683–691.

Prados M. J. (2010). Renewable energy policy and landscape management in Andalusia, Spain: The facts. *Energy Policy*, Volume 38, Issue 11, November, Pages 6900–6909.

Prakash Mahela O. & Gafoor Shaik A. (2016). Power quality improvement in distribution network using DSTATCOM with battery energy storage system. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Volume 83, December, Pages 229–240.

Prakash, P., Khatod, D.K. (2016). Optimal sizing and sitting techniques for distributed generation in distribution systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 111–130.

Prasad Payasi R, K. Singh A, Singh D. (2011). Review of distributed generation planning: objectives, constraints, and algorithms. *International Journal of Engineering, Science and Technology* Vol. 3, No. 3, pp. 133-153.

Project Management Institute. (2017). *Managing Project Risk. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)* " 6a ed., Global Standard; Pennsylvania USA.

PVsyst Photovoltaic Software. Available online: <http://www.pvsyst.com> (accessed on 02 October 2015).

Rajesh K., Karthikeyan K., Kannan S. & Thangaraj C. (2016). Generation expansion planning based on solar plants with storage. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 57, May, Pages 953–964.

Rao Gampa S. & Das D. (2015). Optimum placement and sizing of DGs considering average hourly variations of load. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Volume 66, March, Pages 25–40.

Reinsberger, K., Brudermann, T., Hatzl, S., Fleiß, E., & Posch, A. (2015). Photovoltaic diffusion from the bottom-up: Analytical investigation of critical factors. *Applied Energy*, 159, 178-187.

Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Renewables 2017 Global Status Report. c/o UNEP 1 Rue Miollis Building VII 75015 Paris France. ISBN 978-3-9818107-6-9. <http://www.ren21.net/>

Renewable Energy Policy Network 21st Century. (2017). Renewables Global Futures Report Great Debates Towards 100 % Renewable Energy. c/o UN Environment Economy Division 1.

REN21. 2018. Renewables 2018 Global Status Report. (Paris: REN21 Secretariat). ISBN 978 3-9818911-3-3. c/o UN Environment 1 rue Miollis Building VII 75015 Paris; France.

REN21. 2019. Renewables 2018 Global Status Report. (Paris: REN21 Secretariat). ISBN 978 3-9818911-7-1. c/o UN Environment 1 rue Miollis Building VII 75015 Paris; France.

Rezaee Jordehi, A. (2016). Allocation of distributed generation units in electric power systems: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 56: 893-905.

Roa-Escalante, G.D.J., Sánchez-Lozano, J.M., Faxas, J.-G., García-Cascales, M.S. & Urbina, A. (2015). The effects of photovoltaic electricity injection into microgrids: Combination of Geographical Information Systems, multicriteria decision methods and electronic control modeling. Energy Conversion and Management, Volume 96, 15 May, Pages 89-99.

Ruiz-Romero S., Colmenar-Santos A., Gil-Ortego R &, Molina-Bonilla A. (2013). Distributed generation: The definitive boost for renewable energy in Spain. Renewable Energy, Volume 53: 354-364.

Saaty, T.L. (1980). The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York.

Saaty, T.L. (1994). Fundamentals of decision making and priority theory with the AHP. RWS Publications, Pittsburgh.

Saaty, T. L. (2000). Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process. RWS Publications.

Saaty, T.L. (2001). Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process: The Organization and Prioritization of Complexity. RWS Publications, Pittsburgh, PA, USA.

Saaty, T.L. (2004). The Analytic Network Process: Decision Making with Dependence and Feedback. RWS Publications, 4922 Ellsworth Ave., Pittsburgh, PA 15213, 1996, completely revised and published 2001, completely revised.

Saaty, T.L. (2005). Theory and Applications of the Analytic Network Process. Pittsburgh: RSW Publications.

Sadorsky, P. (2012). Modeling renewable energy company risk. Energy Policy, 40, 39–48.

Sakthivel, G., Ilangkumaran, M. & Gaikwad A. (2015). A hybrid multi-criteria decision modeling approach for the best biodiesel blend selection based on ANP-TOPSIS analysis. *Ain Shams Engineering Journal*, Volume 6, Issue 1, March, Pages 239–256.

Sánchez-Lozano, J.M., García-Cascales, M.S. & Lamata, M.T. (2015). Evaluation of suitable locations for the installation of solar thermoelectric power plants. *Computers & Industrial Engineering*, Volume 87, September, Pages 343–355.

Sánchez-Lozano, J.M., Henggeler Antunes, C., García-Cascales, M.S. & Dias, L.C. (2014). GIS-based photovoltaic solar farms site selection using ELECTRE-TRI: Evaluating the case for Torre Pacheco, Murcia, Southeast of Spain. *Renewable Energy*, Volume 66, January, Pages 478–494.

Sánchez-Lozano, J.M., Teruel-Solano, J., Soto-Elvira P.L. & García-Cascales M.S. (2013). Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24: 544–556.

San Cristóbal, J.R., (2011). Multi-criteria decision-making in the selection of a renewable energy Project in Spain: The Vikor method. *Renewable Energy*, 36, pp. 498–502.

Sciencedirect data base. (2018). <https://www.sciencedirect.com/>

Scopus data base, www.scopus.com.

See Electric Power Reserch Institute web-page. (1998). <http://www.epri.com/gg/newgen/disgen/index.html>.

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.

Shafiee, Mahmood. (2015). A fuzzy analytic network process model to mitigate the risks associated with offshore wind farms. *Expert Systems with Applications*, 42(4): 2143–2152.

Shanian, A. & Savadogo, O. (2006). TOPSIS multiple-criteria decision support analysis for material selection of metallic bipolar plates for polymer electrolyte fuel cell. *Journal of Power Sources*, Volume 159, Issue 2, 22 September, Pages 1095–1104.

Sharique Jamil M. & Anees A. (2016). Optimal sizing and location of SPV (solar photovoltaic) based MLDG (multiple location distributed generator) in distribution system for loss reduction, voltage profile improvement with economic benefits. *Energy*, Volume 103:231–239.

Sharma, D. & Bartels R. (1998). Distributed electricity generation in competitive energy markets: a case study in Australia, in: *The Energy Journal Special issue: Distributed Resources*:

Toward a New Paradigm of the Electricity Business, The International Association for Energy Economics, Cleveland, Ohio, USA.

Sheikh N. J., Kocaoglu D. F. & Lutzenhiser L. (2016). Social and political impacts of renewable energy: Literature review. *Technological Forecasting and Social Change*, Volume 108, May, Pages 102–110.

Shyur Huan-Jyh. (2006). COTS evaluation using modified TOPSIS and ANP. *Applied Mathematics and Computation*, Volume 177, Issue 1, 1 June, Pages 251–259.

Silva Elson N. M., Rodrigues A. B. & da Guia da Silva M. (2016). Stochastic assessment of the impact of photovoltaic distributed generation on the power quality indices of distribution networks. *Electric Power Systems Research*, Volume 135: 59-67

Singh, R.K & Benyouce L. (2011). A fuzzy TOPSIS based approach for e-sourcing. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 24(3): 437–448.

Siskos, P. & Houridis, S. (2011). Rationalising photovoltaic energy investments with multicriteria decision analysis: A Greek case study. *International Journal of Multicriteria Decision Making*, Volume 1, Issue 2, Pages 205-229.

Sperling Karl. (2017). How does a pioneer community energy project succeed in practice? The case of the Samsø Renewable Energy Island. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 71, May, Pages 884-897.

Stefana, E., Marciano, F., & Alberti, M. (2016). Qualitative risk assessment of a Dual Fuel (LNG-Diesel) system for heavy-duty trucks. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 39, 39-58.

Steffen Biarne. (2018). The importance of project finance for renewable energy projects. *Energy Economics*, Volume 69, January, Pages 280-294.

Sudi, A., Erhan, A., & Güngör, T. (2011). Financial risk management in renewable energy sector: Comparative analysis between the European Union and Turkey. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 24, 935–945.

Tavanaa, M., Zandic, F., Katehakis & Michael, N. (2013). A hybrid fuzzy group ANP–TOPSIS framework for assessment of e-government readiness from a CiRM perspective. *Information & Management*, Volume 50, Issue 7, November, Pages 383–397.

Universal distribution. Calculations Design and Installation Project of Photovoltaic Bank Caribbean. Santo Domingo, Dominican Republic, 2014.

- Ventura C. & Marco Tina G. (2016). Utility scale photovoltaic plant indices and models for on-line monitoring and fault detection purposes. *Electric Power Systems Research*, Volume 136, July, Pages 43–56.
- Viral, R & Khatod, D.K. (2012). Optimal planning of distributed generation systems in distribution system: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 16 (5146-5165).
- Wang, Z., Xu, G., Wang, H. & Ren, J. (2019). Distributed energy system for sustainability transition: A comprehensive assessment under uncertainties based on interval multi-criteria decision making method by coupling interval DEMATEL and interval VIKOR. *Energy*, 15 February, Pages 750-761.
- Wen-Shan Tan, Mohammad Yusri Hassan, Shah Majid M. & Abdul Rahman H. (2013). Optimal distributed renewable generation planning: A review of different approaches. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 18 (626-645).
- Wua, Cheng-Shiung, Linb, Chin-Tsai & Leec, Chuan. (2010). Optimal marketing strategy: A decision-making with ANP and TOPSIS. *International Journal of Production Economics*, Volume 127, Issue 1, September, Pages 190–196.
- Wu Yunna, Xu Chuanbo, Ke Yiming, Li Xinying & Li Lingwenying. (2018). An intuitionistic fuzzy multi-criteria framework for large-scale rooftop PV project portfolio selection: Case study in Zhejiang, China. *Energy*, Volume 143, 15 January, Pages 295-309.
- Wu Yunna, Xu Chuanbo, Ke Yiming, Li Xinying & Li Lingwenying. (2019). Portfolio selection of distributed energy generation projects considering uncertainty and project interaction under different enterprise strategic scenarios. *Applied Energy*, Volume 236, 15 February, Pages 444-464.
- Yanık S., Sürer O. & Oztays B. (2016). Designing sustainable energy regions using genetic algorithms and location-allocation approach. *Energy*, Volume 97, 15 February, Pages 161–172.
- Yenneti Komali, Day Rosie & Golubchikov Oleg. (2016). Spatial justice and the land politics of renewables: Dispossessing vulnerable communities through solar energy mega-projects. *Geoforum*, Volume 76, November, Pages 90-99.
- Zegordi, S.H., Nik, E.R. & Nazari, A. (2012). Power Plant Project Risk Assessment Using a Fuzzy-ANP and Fuzzy-TOPSIS Method. *Int. J. Eng.* 25, 107–120.
- Zeleny M. (1982). Multiple criteria decision making. New-York: McGrawHill.
- Zhang F., Deng H., Margolis R. & Su J. (2015). Analysis of distributed-generation photovoltaic deployment, installation time and cost, market barriers, and policies in China. *Energy Policy*, 81 (43-55).

Zhang Lihui, Xin He, Yong Huang & Kand Zhinan. (2019). Renewable energy project performance evaluation using a hybrid multi-criteria decision-making approach: Case study in Fujian, China. *Journal of Cleaner Production*, Volume 206, 1 January, Pages 1123-1137.

Capítulo 9

9. ANEXOS

Este capítulo contiene las hojas de datos arrojados en todo el proceso de resolución de los problemas planteados en esta Tesis Doctoral. Los anexos que se muestran están compuestos en primero lugar por los diferentes cuestionarios realizados a expertos para obtener los resultados de las metodologías aplicadas.

Por otro lado, se anexan las diferentes tablas que se han utilizados para calcular los resultados de los modelos propuestos para resolver las problemáticas planteadas. Finalmente se anexa información suplementaria de los modelados en que se han aplicado en diferente software para realizar diferentes análisis planteados.

9.1 Cuestionarios de la Investigación	188
9.2 Tablas de Cálculos	271
9.3 Información Suplementaria	336

9.1 Cuestionarios de la Investigación

Capítulo 4 Cuestionario Obtención de la Influencia

Matriz de Influencia del Sistema de Generación Distribuida Pequeña y Mediana

			C1: Técnicos				C2: Económicos			C3: Medioambientales		C4: Sociales				
			CR D	GEO	IPP	FU S	CE	BE	IRE	IFT	VMA	EG	MNO	PSP	VSE	SSE
C1: Técnicos	CRD	Conexión a la Red														
	GEO	Geolocalización														
	IPP	Índice de Pérdida de Potencia														
	FUS	Funcionabilidad del Sistema														
C2: Económicos	CE	Costes Económicos														
	BE	Barreras Económicas														
	IRE	Incentivos y Rentabilidad Económica														
C3: Medioambientales	IFT	Impactos Físicos sobre el Terreno														
	VMA	Viabilidad Medioambiental														
C4: Sociales	EG	Empleo Generado														
	MNO	Marco Normativo														
	PSP	Percepción Sociopolítica de la Población														
	VSE	Viabilidad Socioeconómica														
	SSE	Servicios de Suministros Eléctricos

Matriz de Influencia del Sistema de Generación Distribuida Grande y Muy Grande

			C1: Técnicos				C2: Económicos			C3: Medioambientales		C4: Sociales				
			CR D	GEO	EPS	FU S	CE	BE	IRE	IFT	VMA	EG	MNO	PSP	VSE	SSE
C1: Técnicos	CRD	Conexión a la Red														
	GEO	Geolocalización														
	EPS	Eficiencia de la Potencia del Sistema														
	FUS	Funcionabilidad del Sistema														
C2: Económicos	CE	Costes Económicos														
	BE	Barreras Económicas														
	IRE	Incentivos y Rentabilidad Económica														
C3: Medioambientales	IFT	Impactos Físicos sobre el Terreno														
	VM A	Viabilidad Medioambiental														
C4: Sociales	EG	Empleo Generado														
	MNO	Marco Normativo														
	PSP	Percepción Sociopolítica de la Población														
	VSE	Viabilidad Socioeconómica														
	SSE	Servicios de Suministros Eléctricos														

Capitulo 4 Cuestionario Obtención del Pesos de los Criterios

Proyecto: Selección del Tamaño Óptimo para instalar fotovoltaica en un sistema de pequeña y mediana generación distribuida.

En la Región de Murcia se pretende instalar 1 GW de capacidad adicional de generación eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para obtener un sistema de distribución con el menor impacto ambiental al menor coste posible.

El objetivo es seleccionar el tamaño óptimo un sistema de pequeña y mediana generación distribuida para maximizar los beneficios socio-económicos y minimizar el impacto ambiental.

Se va aplicar la metodología ANP al problema de decisión planteado. Las escalas que han sido elegidas como alternativa para instalar el sistema fotovoltaico son:

A1: Instalaciones solar fotovoltaica de 5 kW: se instalarían 200.000 sistemas individuales a pequeña escala de 5 kW, estos sistemas de micro generación distribuida estarían conectados al sistema de distribución de la red

con una superficie y un mantenimiento mínimo, estas instalaciones estarían ubicadas en las viviendas multifamiliares para autoconsumo.

A2: Instalaciones solares fotovoltaicas de 500 kW: se instalarían 2.000 sistemas individuales a media escala de 500 kW, estos sistemas de media generación distribuida estarían ubicadas en diferentes cubiertas de medianas empresas con grandes almacenes y aparcamientos.

A3: Instalaciones solar fotovoltaica de 1 MW: se instalarían unas 1.000 instalaciones a gran escala, estos sistemas de media generación distribuida estarían ubicados en las cubiertas de grandes empresas y en diferentes aparcamientos con una superficie mayor de 5000 mil metros cuadrados.

A4: Instalaciones fotovoltaicas de 5 MW: se instalarían unos 200 sistemas fotovoltaicos a gran escala en las cubiertas de diferentes polígonos industriales que tengan la superficie requerida según las reglamentaciones establecidas e instalación en suelo. Estos sistemas de pequeña generación distribuida estarían conectados a la red en media tensión.

Los criterios a tomar en cuenta para su elección son:

- CT: Técnicos
- CE: Económicos
- CM: Medioambientales
- CS: Sociales

Tomando en cuenta el recuadro que define el grupo de indicadores; los sub-criterios a tomar en cuenta para su seleccionar el tamaño óptimo son:

Los sub-criterios a tomar en cuenta para su elección son:

Para el criterio Técnico:

- CRD: Conexión a la Red
- GEO: Geolocalización
- PPA: Perdida de Potencia Anual
- FUS: Funcionabilidad del Sistema

Para el criterio Económico:

- CE: Coste Económicos
- BE: Barreras Económicas
- IRE: Incentivos y Rentabilidad Económica

Para el criterio Medio Ambiental:

- IFT: Impactos Físicos en el Terreno
- VMA: Viabilidad Medioambiental

Para el criterio Social:

- EG: Empleo Generado
- MNO: Marco Normativo
- PSP: Percepción Sociopolítica de la Población
- VSE: Viabilidad Socioeconómica
- SSE: Servicio del Suministro Eléctricos

Para ello vamos a utilizar el cuestionario de la escala de preferencia de Saaty en el proceso de comparación binaria:

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igual dominancia	Los dos elementos dominan por igual sobre el tercero
3	Dominancia moderada de un elemento comparado con el otro	La dominancia de un elemento es moderadamente más fuerte que la del otro sobre el tercero
5	Dominancia fuerte de un elemento comparado con el otro	La dominancia de un elemento es más fuerte que la del otro sobre el tercero
7	Dominancia muy fuerte de un elemento comparado con el otro	La dominancia de un elemento es mucho más fuerte que la del otro sobre el tercero
9	Extrema dominancia de un elemento comparado con el otro	La dominancia de un elemento es extremadamente más fuerte que la del otro sobre el tercero
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes	Se usan como compromiso entre dos juicios
Incrementos	Valores intermedios en incrementos	Utilización para graduación más fina de juicios

Parte 1: Comparación entre pares de criterios, evaluando la importancia de uno respecto al otro.

Escala Lingüística: Igual importancia hasta Extrema importancia.

Técnico

Económico

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	-------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Técnico

Medioambiental

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	-------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Técnico

Social

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	-------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Económico

Medioambiental

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	-------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Económico

Social

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	-------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Medioambiental

Social

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Comparación entre pares de sub-criterios, evaluando la importancia de uno respecto al otro. En cada criterio.

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la importancia que tienen los sub-criterios **Técnicos** entre ellos seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Conexión a la Red					Geolocalización			
Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante

Conexión a la Red					Pérdidas de Potencia Anual			
Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante

Conexión a la Red					Funcionabilidad del Sistema			
Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante

Geolocalización					Pérdidas de Potencia Anual			
Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante

Geolocalización					Funcionabilidad del Sistema			
Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante

Pérdidas de Potencia Anual					Funcionabilidad del Sistema			
Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la importancia que tienen los sub-criterios **Económicos** entre ellos seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Costes Económicos					Barreras Económicas			
Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante

Costes Económicos					Incentivos y Rentabilidad Económica			
Extremadamente Menos	Mucho Menos	Menos Importante	Moderadamente Menos	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas	Extremadamente Mas Importante

Importante	Importante		Importante				Importante	
------------	------------	--	------------	--	--	--	------------	--

Barreras Económicas

Incentivos y Rentabilidad Económica

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la importancia que tienen los sub-criterios **Medioambientales** entre ellos seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Impactos Físicos del Territorio

Viabilidad Medioambiental

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la importancia que tienen los sub-criterios **Sociales** entre ellos seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Empleo Generado

Marco Normativo

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Empleo Generado

Percepción Sociopolítica de la Población

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Empleo Generado

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Empleo Generado

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Marco Normativo

Percepción Sociopolítica de la Población

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Marco Normativo

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Marco Normativo

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	-------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Percepción Sociopolítica de la Población

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	-------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Percepción Sociopolítica de la Población

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	-------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Viabilidad Socioeconómica

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	-------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Parte 2: Comparación entre pares de sub-criterios, evaluando la influencia de uno respecto al otro. En cada criterio.

Escala Lingüística: Igual Influencia hasta Extrema Influencia.

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Técnicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Conexión a la Red** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Geolocalización

Pérdida de Potencia Anual

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Geolocalización

Funcionabilidad del Sistema

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Pérdida de Potencia Anual

Funcionabilidad del Sistema

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Medioambientales** entre ellos respecto al sub-criterio **Conexión a la Red** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Impactos Físicos del Territorio

Viabilidad Medioambiental

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Económicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Geolocalización** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Costes Económicos

Barreras Económicas

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Costes Económicos

Incentivos y Rentabilidad

Económica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
------------------------------------	------------------------------	---------------------	-----------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Barreras Económicas

Incentivos y Rentabilidad

Económica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
------------------------------------	------------------------------	---------------------	-----------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Medioambientales** entre ellos respecto al sub-criterio **Geolocalización** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Impactos Físicos del Territorio

Viabilidad Medioambiental

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Sociales** entre ellos respecto al sub-criterio **Geolocalización** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Empleo Generado

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Empeño Generado

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Viabilidad Socioeconómica

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Técnicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Funcionabilidad del Sistema** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Conexión a la Red

Geolocalización

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Conexión a la Red

Pérdidas de Potencia Anual

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Geolocalización

Pérdidas de Potencia Anual

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Económicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Funcionabilidad del Sistema** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Costes Económicos

Barreras Económicas

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Sociales** entre ellos respecto al sub-criterio **Funcionabilidad del Sistema** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Empleo Generado

Marco Normativo

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Empleo Generado

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Empelo Generado

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Marco Normativo

Viabilidad

Socioeconómica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Marco Normativo

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Viabilidad Socioeconómica

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Técnicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Costes Económicos** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Conexión a la Red

Geolocalización

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Conexión a la Red

Funcionabilidad del Sistema

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Geolocalización

Funcionabilidad del Sistema

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Económicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Costes Económicos** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Barreras Económicas

Incentivos y Rentabilidad Económica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Medioambientales** entre ellos respecto al sub-criterio **Costes Económicos** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Impactos Físicos del Territorio

Viabilidad Medioambiental

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterio **Sociales** entre ellos respecto al sub-criterio **Costes Económicos** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Empleo Generado

Marco Normativo

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Empleo Generado

Percepción Sociopolítica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Empleo Generado

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Empleo Generado

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Marco Normativo

Percepción Sociopolítica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Marco Normativo

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Marco Normativo

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Percepción Sociopolítica

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Percepción Sociopolítica

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Viabilidad Socioeconómica

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Económicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Barreras Económicas** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Costes Económicos

Incentivos y Rentabilidad Económica

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Sociales** entre ellos respecto al sub-criterio **Barreras Económicas** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Empleo Generado

Marco Normativo

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Empleo Generado

Percepción Sociopolítica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Empleo Generado

Viabilidad Socioeconómica

Extremadame nte Menos Influyente	Mucho Menos Influyen te	Menos Influyen te	Moderadame nte Menos Influyente	Igual Influenc ia	Moderadame nte Más Influyente	Más Influyen te	Mucho Más Influyen te	Extremadame nte Más Influyente
--	----------------------------------	-------------------------	---------------------------------------	-------------------------	-------------------------------------	-----------------------	--------------------------------	--------------------------------------

Marco Normativo

Percepción Sociopolítica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Marco Normativo

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Percepción Sociopolítica

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Técnicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Incentivos y Rentabilidad Económica** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Geolocalización

Funcionabilidad del Sistema

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Económicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Incentivos y Rentabilidad Económica** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Costes Económicos

Barreras Económicas

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Medioambientales** entre ellos respecto al sub-criterio **Incentivos y Rentabilidad Económica** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Impactos Físicos del Territorio

Viabilidad Medioambiental

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Sociales** entre ellos respecto al sub-criterio **Incentivos y Rentabilidad Económica** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Empleo Generado

Marco Normativo

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Empleo Generado

Percepción Sociopolítica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Empleo Generado

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Marco Normativo

Percepción Sociopolítica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Marco Normativo

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Percepción Sociopolítica

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Técnicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Impactos Físicos sobre el Terreno** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Conexión a la Red

Geolocalización

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Sociales** entre ellos respecto al sub-criterio **Impactos Físicos sobre el Terreno** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Marco Normativo

Percepción Sociopolítica

Extremadamente Menos Influente	Mucho Menos Influente	Menos Influente	Moderadamente Menos Influente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influente	Más Influente	Mucho Más Influente	Extremadamente Más Influente
--------------------------------------	-----------------------------	--------------------	-------------------------------------	---------------------	--------------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------------

Marco Normativo

Servicios de Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influente	Mucho Menos Influente	Menos Influente	Moderadamente Menos Influente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influente	Más Influente	Mucho Más Influente	Extremadamente Más Influente
--------------------------------------	-----------------------------	--------------------	-------------------------------------	---------------------	--------------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------------

Percepción Sociopolítica

Servicios de Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influente	Mucho Menos Influente	Menos Influente	Moderadamente Menos Influente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influente	Más Influente	Mucho Más Influente	Extremadamente Más Influente
--------------------------------------	-----------------------------	--------------------	-------------------------------------	---------------------	--------------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Técnicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Viabilidad Medioambiental** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Conexión a la Red

Geolocalización

Extremadamente Menos Influente	Mucho Menos Influente	Menos Influente	Moderadamente Menos Influente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influente	Más Influente	Mucho Más Influente	Extremadamente Más Influente
--------------------------------------	-----------------------------	--------------------	-------------------------------------	---------------------	--------------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Económicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Viabilidad Medioambiental** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Barreras Económicas

Incentivos y Rentabilidad Económica

Extremadamente Menos Influente	Mucho Menos Influente	Menos Influente	Moderadamente Menos Influente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influente	Más Influente	Mucho Más Influente	Extremadamente Más Influente
--------------------------------------	-----------------------------	--------------------	-------------------------------------	---------------------	--------------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Sociales** entre ellos respecto al sub-criterio **Viabilidad Medioambiental** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Marco Normativo

Percepción Sociopolítica de la Población

Extremadamente Menos Influente	Mucho Menos Influente	Menos Influente	Moderadamente Menos Influente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influente	Más Influente	Mucho Más Influente	Extremadamente Más Influente
--------------------------------------	-----------------------------	--------------------	-------------------------------------	---------------------	--------------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------------

Marco Normativo

Servicios de Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influente	Mucho Menos Influente	Menos Influente	Moderadamente Menos Influente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influente	Más Influente	Mucho Más Influente	Extremadamente Más Influente
--------------------------------------	-----------------------------	--------------------	-------------------------------------	---------------------	--------------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------------

Percepción Sociopolítica

Servicios de Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influente	Mucho Menos Influente	Menos Influente	Moderadamente Menos Influente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influente	Más Influente	Mucho Más Influente	Extremadamente Más Influente
--------------------------------------	-----------------------------	--------------------	-------------------------------------	---------------------	--------------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Técnicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Empleo Generado** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Conexión a la Red

Geolocalización

Extremadamente Menos Influente	Mucho Menos Influente	Menos Influente	Moderadamente Menos Influente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influente	Más Influente	Mucho Más Influente	Extremadamente Más Influente
--------------------------------------	-----------------------------	--------------------	-------------------------------------	---------------------	--------------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Económicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Empleo Generado** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Costes Económicos

Barreras Económicas

Extremadamente Menos Influente	Mucho Menos Influente	Menos Influente	Moderadamente Menos Influente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influente	Más Influente	Mucho Más Influente	Extremadamente Más Influente
--------------------------------------	-----------------------------	--------------------	-------------------------------------	---------------------	--------------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------------

Costes Económicos

Incentivos y Rentabilidad Económica

Extremadamente Menos Influente	Mucho Menos Influente	Menos Influente	Moderadamente Menos Influente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influente	Más Influente	Mucho Más Influente	Extremadamente Más Influente
--------------------------------------	-----------------------------	--------------------	-------------------------------------	---------------------	--------------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------------

Barreras Económicas

Incentivos y Rentabilidad Económica

Extremadamente Menos Influente	Mucho Menos Influente	Menos Influente	Moderadamente Menos Influente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influente	Más Influente	Mucho Más Influente	Extremadamente Más Influente
--------------------------------------	-----------------------------	--------------------	-------------------------------------	---------------------	--------------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Sociales** entre ellos respecto al sub-criterio **Empleo Generado** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Marco Normativo

Percepción Sociopolítica de la Población

Extremadamente Menos Influente	Mucho Menos Influente	Menos Influente	Moderadamente Menos Influente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influente	Más Influente	Mucho Más Influente	Extremadamente Más Influente
--------------------------------------	-----------------------------	--------------------	-------------------------------------	---------------------	--------------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------------

Marco Normativo

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Influente	Mucho Menos Influente	Menos Influente	Moderadamente Menos Influente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influente	Más Influente	Mucho Más Influente	Extremadamente Más Influente
--------------------------------------	-----------------------------	--------------------	-------------------------------------	---------------------	--------------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------------

Marco Normativo

Servicios de Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influente	Mucho Menos Influente	Menos Influente	Moderadamente Menos Influente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influente	Más Influente	Mucho Más Influente	Extremadamente Más Influente
--------------------------------------	-----------------------------	--------------------	-------------------------------------	---------------------	--------------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------------

Percepción Sociopolítica

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Influente	Mucho Menos Influente	Menos Influente	Moderadamente Menos Influente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influente	Más Influente	Mucho Más Influente	Extremadamente Más Influente
--------------------------------------	-----------------------------	--------------------	-------------------------------------	---------------------	--------------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------------

Percepción Sociopolítica

Servicios de Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influente	Mucho Menos Influente	Menos Influente	Moderadamente Menos Influente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influente	Más Influente	Mucho Más Influente	Extremadamente Más Influente
--------------------------------------	-----------------------------	--------------------	-------------------------------------	---------------------	--------------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------------

Viabilidad Socioeconómica

Servicio de Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influente	Mucho Menos Influente	Menos Influente	Moderadamente Menos Influente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influente	Más Influente	Mucho Más Influente	Extremadamente Más Influente
--------------------------------------	-----------------------------	--------------------	-------------------------------------	---------------------	--------------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Sociales** entre ellos respecto al sub-criterio **Marco Normativo** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Empleo Generado

Percepción Sociopolítica de la Población

Extremadamente Menos Influente	Mucho Menos Influente	Menos Influente	Moderadamente Menos Influente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influente	Más Influente	Mucho Más Influente	Extremadamente Más Influente
--------------------------------------	-----------------------------	--------------------	-------------------------------------	---------------------	--------------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Económicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Percepción Sociopolítica de la Población** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Costes Económicos

Barreras Económicas

Extremadamente Menos Influente	Mucho Menos Influente	Menos Influente	Moderadamente Menos Influente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influente	Más Influente	Mucho Más Influente	Extremadamente Más Influente
--------------------------------------	-----------------------------	--------------------	-------------------------------------	---------------------	--------------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------------

Costes Económicos

Incentivos y Rentabilidad Económica

Extremadamente Menos Influente	Mucho Menos Influente	Menos Influente	Moderadamente Menos Influente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influente	Más Influente	Mucho Más Influente	Extremadamente Más Influente
--------------------------------------	-----------------------------	--------------------	-------------------------------------	---------------------	--------------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------------

Barreras Económicas

Incentivos y Rentabilidad Económica

Extremadamente Menos Influente	Mucho Menos Influente	Menos Influente	Moderadamente Menos Influente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influente	Más Influente	Mucho Más Influente	Extremadamente Más Influente
--------------------------------------	-----------------------------	--------------------	-------------------------------------	---------------------	--------------------------------	------------------	---------------------------	---------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Medioambientales** entre ellos respecto al sub-criterio **Percepción Sociopolítica en la Población** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Impactos Físicos del Territorio

Viabilidad Medioambiental

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Sociales** entre ellos respecto al sub-criterio **Percepción Sociopolítica en la Población** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Empleo Generado

Marco Normativo

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Empleo Generado

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Empleo Generado

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Marco Normativo

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Marco Normativo

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Viabilidad Socioeconómica

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Económicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Viabilidad Socioeconómica** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Costes Económicos

Barreras Económicas

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Costes Económicos

Incentivos y Rentabilidad Económica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Barreras Económicas

Incentivos y Rentabilidad Económica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Sociales** entre ellos respecto al sub-criterio **Viabilidad Socioeconómica** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Empleo Generado

Marco Normativo

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Empleo Generado

Percepción Sociopolítica de la Población

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Empleo Generado

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Marco Normativo

Percepción Sociopolítica de la Población

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Marco Normativo

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Percepción Sociopolítica de la Población

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Técnicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Servicios de Suministros Eléctricos** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Conexión a la Red

Geolocalización

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Conexión a la Red

Pérdidas de Potencia Anual

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Conexión a la Red

Funcionabilidad del Sistema

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Geolocalización

Pérdidas de Potencia Anual

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Geolocalización

Funcionabilidad del Sistema

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Pérdidas de Potencia Anual

Funcionabilidad del Sistema

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Sociales** entre ellos respecto al sub-criterio **Servicios de Suministros Eléctricos** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Marco Normativo

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Proyecto: Selección del Tamaño Óptimo para instalar fotovoltaica en un sistema de grande y muy grande generación distribuida.

En la Región de Murcia se pretende instalar 1 GW de capacidad adicional de generación eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para obtener un sistema de distribución con el menor impacto ambiental al menor coste posible.

El objetivo es seleccionar el tamaño óptimo un sistema de grande y muy grande generación distribuida para maximizar los beneficios socio-económicos y minimizar el impacto ambiental.

Se va aplicar la metodología ANP al problema de decisión planteado. Las escalas que han sido elegidas como alternativa para instalar el sistema fotovoltaico son:

A1: Instalaciones solar fotovoltaica de 20 MW: se instalarían unos 50 sistemas fotovoltaicos a gran escala como huerto solar en diferentes terrenos baldíos con alta disposición del espacio. Las instalaciones de generación distribuida estarían conectadas a la red transmitiendo la energía en alterna.

A2: Instalaciones solar fotovoltaica de 50 MW: se instalarían unas 20 instalaciones de gran generación distribuida entre huertos solares y pequeñas centrales eléctricas de 50 MW en lugares apropiados que tengan la superficie y el mantenimiento requerido según las reglamentaciones establecidas.

A3: Instalaciones solar fotovoltaica de 100 MW: se construirían unas 10 centrales eléctricas de 100 MW con una amplia generación distribuida en los diferentes lugares que tengan la superficie requerida según las reglamentaciones establecidas

A4: Instalaciones solar fotovoltaica de 333 MW: se construirían tres centrales eléctricas de 333 MW contemplando la mejor ubicación disponible que tengan la superficie y el mantenimiento requerido según las reglamentaciones establecidas.

Los criterios a tomar en cuenta para su elección son:

- CT: Técnicos
- CE: Económicos
- CM: Medioambientales
- CS: Sociales

Tomando en cuenta el recuadro que define el grupo de indicadores; los sub-criterios a tomar en cuenta para su seleccionar el tamaño óptimo son:

Los sub-criterios a tomar en cuenta para su elección son:

Para el criterio Técnico:

- CRD: Conexión a la Red
- GEO: Geolocalización
- PPA: Eficiencia de Potencia del Sistema
- FUS: Funcionabilidad del Sistema

Para el criterio Económico:

- CE: Coste Económicos
- BE: Barreras Económicas
- IRE: Incentivos y Rentabilidad Económica

Para el criterio Medio Ambiental:

- IFT: Impactos Físicos en el Terreno
- VMA: Viabilidad Medioambiental

Para el criterio Social:

- EG: Empleo Generado
- MNO: Marco Normativo
- PSP: Percepción Sociopolítica de la Población
- VSE: Viabilidad Socioeconómica
- SSE: Servicio del Suministro Eléctricos

Para ello vamos a utilizar el cuestionario de la escala de preferencia de Saaty en el proceso de comparación binaria:

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igual dominancia	Los dos elementos dominan por igual sobre el tercero
3	Dominancia moderada de un elemento comparado con el otro	La dominancia de un elemento es moderadamente más fuerte que la del otro sobre el tercero
5	Dominancia fuerte de un elemento comparado con el otro	La dominancia de un elemento es más fuerte que la del otro sobre el tercero
7	Dominancia muy fuerte de un elemento comparado con el otro	La dominancia de un elemento es mucho más fuerte que la del otro sobre el tercero
9	Extrema dominancia de un elemento comparado con el otro	La dominancia de un elemento es extremadamente más fuerte que la del otro sobre el tercero
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes	Se usan como compromiso entre dos juicios
Incrementos	Valores intermedios en incrementos	Utilización para graduación más fina de juicios

Parte 1: Comparación entre pares de criterios, evaluando la importancia de uno respecto al otro.

Escala Lingüística: Igual importancia hasta Extrema importancia.

Técnico

Económico

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	-------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Técnico

Medioambiental

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	-------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Técnico

Social

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	-------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Económico

Medioambiental

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	-------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Económico

Social

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Medioambiental

Social

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Comparación entre pares de sub-criterios, evaluando la importancia de uno respecto al otro. En cada criterio.

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la importancia que tienen los sub-criterios **Técnicos** entre ellos seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Conexión a la Red

Geolocalización

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Conexión a la Red

Pérdidas de Potencia Anual

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Conexión a la Red

Funcionabilidad del Sistema

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Geolocalización

Pérdidas de Potencia Anual

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Geolocalización

Funcionabilidad del Sistema

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Pérdidas de Potencia Anual

Sistema

Funcionabilidad del

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la importancia que tienen los sub-criterios **Económicos** entre ellos seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

CAPITULO 9. ANEXOS

Costes Económicos

Barreras Económicas

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Costes Económicos

Incentivos y Rentabilidad Económica

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Barreras Económicas

Incentivos y Rentabilidad Económica

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la importancia que tienen los sub-criterios **Medioambientales** entre ellos seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Impactos Físicos del Territorio

Viabilidad Medioambiental

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la importancia que tienen los sub-criterios **Sociales** entre ellos seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Empleo Generado

Marco Normativo

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Empleo Generado

Percepción Sociopolítica de la

Población

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Empleo Generado

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Empleo Generado

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Marco Normativo

Percepción Sociopolítica de la Población

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Marco Normativo

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Marco Normativo

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Percepción Sociopolítica de la Población

Viabilidad

Socioeconómica

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Percepción Sociopolítica de la Población

Servicio del Suministro

Eléctrico

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Viabilidad Socioeconómica

Servicio del Suministro

Eléctrico

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Parte 2: Comparación entre pares de sub-criterios, evaluando la influencia de uno respecto al otro. En cada criterio.

Escala Lingüística: Igual Influencia hasta Extrema Influencia.

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Sociales** entre ellos respecto al sub-criterio **Conexión a la Red** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Marco Normativo

Percepción Sociopolítica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Marco Normativo

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Percepción Sociopolítica

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Económicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Geolocalización** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Costes Económicos

Barreras Económicas

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Sociales** entre ellos respecto al sub-criterio **Geolocalización** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Marco Normativo

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Técnicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Funcionabilidad del Sistema** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Conexión a la Red

Geolocalización

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Conexión a la Red

Eficiencia de Potencia del Sistema

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Geolocalización

Eficiencia de Potencia del Sistema

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Económicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Funcionabilidad del Sistema** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Costes Económicos

Barreras Económicas

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Costes Económicos

Incentivos y Rentabilidad Económica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Barreras Económicas

Incentivos y Rentabilidad Económica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Sociales** entre ellos respecto al sub-criterio **Funcionabilidad del Sistema** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Marco Normativo

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Técnicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Costes Económicos** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Conexión a la Red

Geolocalización

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Conexión a la Red

Eficiencia de Potencia del Sistema

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Geolocalización

Eficiencia de la Potencia del Sistema

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Económicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Costes Económicos** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Barreras Económicas

Incentivos y Rentabilidad Económica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterio **Sociales** entre ellos respecto al sub-criterio **Costes Económicos** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Empleo Generado

Marco Normativo

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Empleo Generado

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Marco Normativo

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Económicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Barreras Económicas** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Costes Económicos

Incentivos y Rentabilidad Económica

Extremadamente Menos Importante	Mucho Menos Importante	Menos Importante	Moderadamente Menos Importante	Igual Importancia	Moderadamente Mas Importante	Mas Importante	Mucho Mas Importante	Extremadamente Mas Importante
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	-------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Económicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Incentivos y Rentabilidad Económica** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Costes Económicos

Barreras Económicas

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Sociales** entre ellos respecto al sub-criterio **Incentivos y Rentabilidad Económica** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Empleo Generado

Marco Normativo

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Empleo Generado

Percepción Sociopolítica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Marco Normativo

Percepción Sociopolítica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Marco Normativo

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Percepción Sociopolítica

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Técnicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Impactos Físicos sobre el Terreno** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Conexión a la Red

Geolocalización

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Sociales** entre ellos respecto al sub-criterio **Viabilidad Medioambiental** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Marco Normativo

Percepción Sociopolítica de la Población

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Marco Normativo

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Percepción Sociopolítica

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Económicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Empleo Generado** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Costes Económicos

Barreras Económicas

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Costes Económicos

Incentivos y Rentabilidad Económica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Barreras Económicas

Incentivos y Rentabilidad Económica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Sociales** entre ellos respecto al sub-criterio **Empleo Generado** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Marco Normativo

Percepción Sociopolítica de la Población

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Marco Normativo

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Marco Normativo

Servicios de Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Percepción Sociopolítica

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Percepción Sociopolítica

Servicios de Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Viabilidad Socioeconómica

Servicio de Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Técnicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Marco Normativo** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Conexión a la Red

Geolocalización

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Medioambientales** entre ellos respecto al sub-criterio **Marco Normativo** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Impactos Físicos del Territorio

Viabilidad Medioambiental

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Sociales** entre ellos respecto al sub-criterio **Marco Normativo** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Percepción Sociopolítica de la Población

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Técnicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Percepción Sociopolítica de la Población** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Conexión a la Red

Funcionabilidad del Sistema

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Económicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Percepción Sociopolítica de la Población** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Costes Económicos

Barreras Económicas

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Costes Económicos

Incentivos y Rentabilidad Económica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Barreras Económicas

Incentivos y Rentabilidad Económica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Sociales** entre ellos respecto al sub-criterio **Percepción Sociopolítica en la Población** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Empleo Generado

Marco Normativo

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Empleo Generado

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Empleo Generado

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Marco Normativo

Viabilidad Socioeconómica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Marco Normativo

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Viabilidad Socioeconómica

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Técnicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Viabilidad Socioeconómica** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Geolocalización

Eficiencia de la Potencia del Sistema

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Económicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Viabilidad Socioeconómica** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Costes Económicos

Barreras Económicas

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Costes Económicos

Incentivos y Rentabilidad Económica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Barreras Económicas

Incentivos y Rentabilidad Económica

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Medioambientales** entre ellos respecto al sub-criterio **Viabilidad Socioeconómica** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Impactos Físicos del Territorio

Viabilidad Medioambiental

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de grande y muy grande escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Sociales** entre ellos respecto al sub-criterio **Viabilidad Socioeconómica** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Empleo Generado

Marco Normativo

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Empleo Generado

Percepción Sociopolítica de la Población

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------------	------------------------------	---------------------	--------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------	----------------------------	----------------------------------

Empleo Generado

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Marco Normativo

Percepción Sociopolítica de la Población

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Marco Normativo

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Percepción Sociopolítica de la Población

Servicio del Suministro Eléctrico

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Para obtener el tamaño óptimo de una instalación fotovoltaica de pequeña y mediana escala, cual es la influencia que tienen los siguientes sub-criterios **Técnicos** entre ellos respecto al sub-criterio **Servicios de Suministros Eléctricos** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Conexión a la Red

Geolocalización

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Conexión a la Red

Funcionabilidad del Sistema

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Geolocalización

Funcionabilidad del Sistema

Extremadamente Menos Influyente	Mucho Menos Influyente	Menos Influyente	Moderadamente Menos Influyente	Igual Influencia	Moderadamente Más Influyente	Más Influyente	Mucho Más Influyente	Extremadamente Más Influyente
---------------------------------	------------------------	------------------	--------------------------------	------------------	------------------------------	----------------	----------------------	-------------------------------

Capitulo Cuestionario Obtención de la Valoraciones de los Criterios Cualitativos con respecto a las Alternativas

Proyecto Sistema de Generación Distribuida Pequeña y Mediana:

Problema: Instalar 1GW de capacidad adicional de generación eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para obtener un sistema de distribución con el menor impacto ambiental al menor coste posible, en la Región de Murcia.

Objetivo: Selección del tamaño óptimo del sistema de distribución a instalar. Se entiende por óptimo el tamaño de uno o varios sistemas que garanticen la capacidad de 1GW, que maximicen los beneficios socio-económicos y minimicen el impacto ambiental.

Tomando en cuenta el rango establecido de instalaciones de generación distribuida pequeña y mediana, con las características geográficas que aporta la región de Murcia y las condiciones definidas de un proyecto de este tipo vamos a valorar los siguientes indicadores según cada alternativa óptima:

Los criterios a tomar en cuenta para su valoración son:

- CT: Técnico
- CE: Económico
- CM: Medioambientales
- CS: Sociales

Los siguientes indicadores que optimizan el tamaño de las instalaciones fotovoltaicas de pequeña y mediana escala son:

Técnicos:

- Conexión a la Red
- Geolocalización
- Pérdidas de Potencia Anual
- Funcionabilidad del Sistema

Económicos:

- Barreras Económicas
- Incentivos y Rentabilidad Económica

Medioambientales:

- Impactos Físicos sobre el Terreno
- Viabilidad Medioambiental

Sociales:

- Marco Normativo
- Percepción Sociopolítica de la Población
- Viabilidad Socioeconómica
- Servicios de Suministro Eléctrico

Las alternativas consideradas como las escalas óptimas son:

- Instalaciones solares fotovoltaica de 5 kW:** se instalarían 200.000 sistemas individuales a pequeña escala de 5 kW, estos sistemas de micro generación distribuida estarían conectados al sistema de distribución de la red con una superficie y un mantenimiento mínimo, estas instalaciones estarían ubicadas en las viviendas multifamiliares para autoconsumo.
- Instalaciones solares fotovoltaicas de 500 kW:** se instalarían 2.000 sistemas individuales a media escala de 500 kW, estos sistemas de media generación distribuida estarían ubicadas en diferentes cubiertas de medianas empresas con grandes almacenes y aparcamientos.
- Instalaciones solares fotovoltaica de 1 MW:** se instalarían unas 1.000 instalaciones a gran escala, estos sistemas de media generación distribuida estarían ubicados en las cubiertas de grandes empresas y en diferentes aparcamientos con una superficie mayor de 5000 mil metros cuadrados.
- Instalaciones fotovoltaicas de 5 MW:** se instalarían unos 200 sistemas fotovoltaicos a gran escala en las cubiertas de diferentes polígonos industriales que tengan la superficie requerida según las reglamentaciones establecidas e instalación en suelo. Estos sistemas de pequeña generación distribuida estarían conectados a la red en media tensión.

Según cada indicador valore la importancia de cada alternativa. Se valorará cada alternativa de 1 a 10 respecto de cada indicador, siendo:

- 1: La alternativa tiene una valoración muy baja respecto al indicador.
- 5: La alternativa tiene una valoración media respecto al indicador.
- 10: La alternativa tiene una valoración muy alta respecto al indicador.

Seleccione el valor subrayando o poniendo en negrita el número que considere:

Con respecto a la **Conexión a Red**, valore las siguientes alternativas:

a) Instalaciones solar fotovoltaica de 5 kW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

b) Instalaciones solares fotovoltaicas de 500 kW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

c) Instalaciones solar fotovoltaica de 1 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

d) Instalaciones fotovoltaicas de 5 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Con respecto a la **Geolocalización**, valore las siguientes alternativas:

a) Instalaciones solar fotovoltaica de 5 kW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

b) Instalaciones solares fotovoltaicas de 500 kW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

c) Instalaciones solar fotovoltaica de 1 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

d) Instalaciones fotovoltaicas de 5 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Con respecto a la **Pérdida de Potencia Anual**, valore las siguientes alternativas:

a) Instalaciones solar fotovoltaica de 5 kW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

b) Instalaciones solares fotovoltaicas de 500 kW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

c) Instalaciones solar fotovoltaica de 1 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

d) Instalaciones fotovoltaicas de 5 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Con respecto a la **Funcionabilidad del Sistema**, valore las siguientes alternativas:

a) Instalaciones solar fotovoltaica de 5 kW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

b) Instalaciones solares fotovoltaicas de 500 kW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

c) Instalaciones solar fotovoltaica de 1 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

d) Instalaciones fotovoltaicas de 5 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Con respecto a la **Barreras Económicas**, valore las siguientes alternativas:

a) Instalaciones solar fotovoltaica de 5 kW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

b) Instalaciones solares fotovoltaicas de 500 kW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

c) Instalaciones solar fotovoltaica de 1 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

d) Instalaciones fotovoltaicas de 5 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Con respecto a la **Incentivos y Rentabilidad Económica**, valore las siguientes alternativas:

a) Instalaciones solar fotovoltaica de 5 kW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

b) Instalaciones solares fotovoltaicas de 500 kW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

c) Instalaciones solar fotovoltaica de 1 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

d) Instalaciones fotovoltaicas de 5 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Con respecto a Impactos **Físicos sobre el Terreno**, valore las siguientes alternativas:

a) Instalaciones solar fotovoltaica de 5 kW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

b) Instalaciones solares fotovoltaicas de 500 kW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

c) Instalaciones solar fotovoltaica de 1 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

d) Instalaciones fotovoltaicas de 5 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Con respecto a la **Viabilidad Medioambiental**, valore las siguientes alternativas:

a) Instalaciones solar fotovoltaica de 5 kW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

b) Instalaciones solares fotovoltaicas de 500 kW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

c) Instalaciones solar fotovoltaica de 1 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
d) Instalaciones fotovoltaicas de 5 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Con respecto al **Marco Normativo**, valore las siguientes alternativas:

a) Instalaciones solar fotovoltaica de 5 kW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

b) Instalaciones solares fotovoltaicas de 500 kW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

c) Instalaciones solar fotovoltaica de 1 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

d) Instalaciones fotovoltaicas de 5 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Con respecto a la Percepción **Sociopolítica de la Población**, valore las siguientes alternativas:

a) Instalaciones solar fotovoltaica de 5 kW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

b) Instalaciones solares fotovoltaicas de 500 kW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

c) Instalaciones solar fotovoltaica de 1 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

d) Instalaciones fotovoltaicas de 5 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Con respecto a la Viabilidad **Socioeconómica**, valore las siguientes alternativas:

a) Instalaciones solar fotovoltaica de 5 kW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

b) Instalaciones solares fotovoltaicas de 500 kW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

c) Instalaciones solar fotovoltaica de 1 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

d) Instalaciones fotovoltaicas de 5 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Con respecto a la **Servicios del Suministro Eléctrico**, valore las siguientes alternativas:

a) Instalaciones solar fotovoltaica de 5 kW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

b) Instalaciones solares fotovoltaicas de 500 kW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

c) Instalaciones solar fotovoltaica de 1 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

d) Instalaciones fotovoltaicas de 5 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Proyecto Sistema de Generación Distribuida Grande y Muy Grande:

Problema: Instalar 1GW de capacidad adicional de generación eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para obtener un sistema de distribución con el menor impacto ambiental al menor coste posible, en la Región de Murcia.

Objetivo: Selección del tamaño óptimo del sistema de distribución a instalar. Se entiende por óptimo el tamaño de uno o varios sistemas que garanticen la capacidad de 1GW, que maximicen los beneficios socio-económicos y minimicen el impacto ambiental.

Tomando en cuenta el rango establecido de instalaciones de generación distribuida grande y muy grande, con las características geográficas que aporta la Región de Murcia y las condiciones definidas de un proyecto de este tipo vamos a valorar los siguientes indicadores según cada alternativa óptima:

Los criterios a tomar en cuenta para su valoración son:

- CT: Técnico
- CE: Económico
- CM: Medioambientales
- CS: Sociales

Los indicadores cualitativos que optimizan el tamaño de las instalaciones fotovoltaicas de grande y muy grande escala son:

Técnicos:

- Conexión a la Red
- Geolocalización
- Eficiencia de Potencia del Sistema
- Funcionabilidad del Sistema

Económicos:

- Barreras Económicas
- Incentivos y Rentabilidad Económica

Medioambientales:

- Impactos Físicos sobre el Terreno
- Viabilidad Medioambiental

Sociales:

- Marco Normativo
- Percepción Sociopolítica de la Población

- Viabilidad Socioeconómica
- Servicios de Suministro Eléctrico

Las alternativas consideradas como la escala óptima son:

- a) **Instalaciones solar fotovoltaica de 20 MW:** se instalarían unos 50 sistemas fotovoltaicos a gran escala como huerto solar en diferentes terrenos baldíos con alta disposición del espacio. Las instalaciones de generación distribuida estarían conectadas a la red transmitiendo la energía en alterna.
- b) **Instalaciones solar fotovoltaica de 50 MW:** se instalarían unas 20 instalaciones de gran generación distribuida entre huertos solares y pequeñas centrales eléctricas de 50 MW en lugares apropiados que tengan la superficie y el mantenimiento requerido según las reglamentaciones establecidas.
- c) **Instalaciones solar fotovoltaica de 100 MW:** se construirían unas 10 centrales eléctricas de 100 MW con una amplia generación distribuida en los diferentes lugares que tengan la superficie requerida según las reglamentaciones establecidas.
- d) **Instalaciones solar fotovoltaica de 333 MW:** se construirían tres centrales eléctricas de 333 MW contemplando la mejor ubicación disponible que tengan la superficie y el mantenimiento requerido según las reglamentaciones establecidas.

Según cada indicador valore la importancia de cada alternativa. Se valorará cada alternativa de 1 a 10 respecto de cada indicador, siendo:

- 1: La alternativa tiene una valoración muy baja respecto al indicador.
- 5: La alternativa tiene una valoración media respecto al indicador.
- 10: La alternativa tiene una valoración muy alta respecto al indicador.

Seleccione el valor subrayando o poniendo en negrita el número que considere:

Con respecto a la **Conexión a Red**, valore las siguientes alternativas:

a) Instalaciones solar fotovoltaica de 20 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

b) Instalaciones solar fotovoltaica de 50 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

c) Instalaciones solar fotovoltaica de 100 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

d) Instalaciones solar fotovoltaica de 333 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Con respecto a la **Geolocalización**, valore las siguientes alternativas:

a) Instalaciones solar fotovoltaica de 20 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

b) Instalaciones solar fotovoltaica de 50 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

c) Instalaciones solar fotovoltaica de 100 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

d) Instalaciones solar fotovoltaica de 333 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Con respecto a la **Eficiencia de Potencia del Sistema**, valore las siguientes alternativas:

a) Instalaciones solar fotovoltaica de 20 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

b) Instalaciones solar fotovoltaica de 50 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

c) Instalaciones solar fotovoltaica de 100 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

d) Instalaciones solar fotovoltaica de 333 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Con respecto a la **Funcionabilidad del Sistema**, valore las siguientes alternativas:

a) Instalaciones solar fotovoltaica de 20 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

b) Instalaciones solar fotovoltaica de 50 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

c) Instalaciones solar fotovoltaica de 100 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

d) Instalaciones solar fotovoltaica de 333 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Con respecto a la **Barreras Económicas**, valore las siguientes alternativas:

a) Instalaciones solar fotovoltaica de 20 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

b) Instalaciones solar fotovoltaica de 50 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

c) Instalaciones solar fotovoltaica de 100 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

d) Instalaciones solar fotovoltaica de 333 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Con respecto a la **Incentivos y Rentabilidad Económica**, valore las siguientes alternativas:

a) Instalaciones solar fotovoltaica de 20 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

b) Instalaciones solar fotovoltaica de 50 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

c) Instalaciones solar fotovoltaica de 100 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

d) Instalaciones solar fotovoltaica de 333 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Con respecto a los **Impactos Físicos sobre el Terreno**, valore las siguientes alternativas:

a) Instalaciones solar fotovoltaica de 20 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

b) Instalaciones solar fotovoltaica de 50 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

c) Instalaciones solar fotovoltaica de 100 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

d) Instalaciones solar fotovoltaica de 333 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Con respecto a la **Viabilidad Medioambiental**, valore las siguientes alternativas:

a) Instalaciones solar fotovoltaica de 20 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

b) Instalaciones solar fotovoltaica de 50 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

c) Instalaciones solar fotovoltaica de 100 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

d) Instalaciones solar fotovoltaica de 333 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Con respecto a al **Marco Normativo**, valore las siguientes alternativas:

a) Instalaciones solar fotovoltaica de 20 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

b) Instalaciones solar fotovoltaica de 50 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

c) Instalaciones solar fotovoltaica de 100 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

d) Instalaciones solar fotovoltaica de 333 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Con respecto a la **Percepción Sociopolítica de la Población**, valore las siguientes alternativas:

a) Instalaciones solar fotovoltaica de 20 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

b) Instalaciones solar fotovoltaica de 50 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

c) Instalaciones solar fotovoltaica de 100 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

d) Instalaciones solar fotovoltaica de 333 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Con respecto a la **Viabilidad Socioeconómica**, valore las siguientes alternativas:

a) Instalaciones solar fotovoltaica de 20 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

b) Instalaciones solar fotovoltaica de 50 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

c) Instalaciones solar fotovoltaica de 100 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

d) Instalaciones solar fotovoltaica de 333 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Con respecto a la **Servicios de Suministro Eléctrico**, valore las siguientes alternativas:

a) Instalaciones solar fotovoltaica de 20 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

b) Instalaciones solar fotovoltaica de 50 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

c) Instalaciones solar fotovoltaica de 100 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

d) Instalaciones solar fotovoltaica de 333 MW:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Capítulo 5 Identificación de los Riesgos-Cuestionario Delphi-Chekclist

Tomando en cuenta el diseño, la simulación de la instalación con PVsYST y las condiciones definidas del proyecto responda las siguientes preguntas:

Parte 1.

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?

Parte 2.

4. Marque con una X cuales, de estos riesgos técnicos, en caso de ocurrir, podrían afectar la rentabilidad de la instalación.

- ☐ Degradación y Suciedad de Paneles
- ☐ Perdidas por Sombras
- ☐ Derrumbe por Fenómenos Atmosféricos
- ☐ 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.

- ☐ Cambios en el Marco Jurídico
- ☐ Costes del Mantenimiento
- ☐ Variabilidad del VAN
- ☐ Falta de Financiamiento
- ☐ Alto Pay Back

Capitulo 5 Identificación de los Riesgos-Cuestionarios DAFO-AHP

Tomando en cuenta el diseño, el análisis económico y la simulación de la instalación.

6- Tomando en cuenta información histórica en este tipo de instalación y el conocimiento de proyectos similares y este diagrama de causa y efecto de los posibles riesgos que afecta la rentabilidad del proyecto. Complete el siguiente análisis DAFO para el proyecto solar en cuestión teniendo en cuenta la posible falta de rentabilidad como problema principal. Rellenar las Fortalezas, Debilidades y Oportunidades.

DAFO Análisis	Fortalezas	Debilidades
	Oportunidades	Amenazas

7- Sabiendo que este proyecto está construido en () requieren identificar y priorizar los posibles riesgos que podrían afectar la rentabilidad de una instalación solar de este tipo, tomando en cuenta este diagrama de

causas y el análisis DAFO vamos a evaluar la priorización de respuestas ante los riesgos identificados con métodos de toma de decisión:

Las alternativas consideradas como posibles riesgos que afectan la rentabilidad del proyecto son:

- R1: Alto Pay Back
- R2: Perdidas por Sombras
- R3: Costes del Mantenimiento
- R4: Daños por Fenómenos Atmosféricos
- R5: Variabilidad del VAN
- R6: Falta de Mantenimiento
- R7: Cambios en el Marco Jurídico
- R8: Falta de Suministro y Reemplazos
- R9: Falta de Financiamiento

Los criterios a tomar en cuenta para su evaluación son:

- C1: Técnico
- C2: Financiero

Para ello vamos hacer a utilizar en el cuestionario de la escala de preferencia de Saaty en el proceso de comparación binaria:

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igual dominancia	<i>Los dos elementos dominan por igual sobre el tercero</i>
3	Dominancia moderada de un elemento comparado con el otro	<i>La dominancia de un elemento es moderadamente más fuerte que la del otro sobre el tercero</i>
5	Dominancia fuerte de un elemento comparado con el otro	<i>La dominancia de un elemento es más fuerte que la del otro sobre el tercero</i>
7	Dominancia muy fuerte de un elemento comparado con el otro	<i>La dominancia de un elemento es mucho más fuerte que la del otro sobre el tercero</i>
9	Extrema dominancia de un elemento comparado con el otro	<i>La dominancia de un elemento es extremadamente más fuerte que la del otro sobre el tercero</i>
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes	<i>Se usan como compromiso entre dos juicios</i>
Incrementos	Valores intermedios en incrementos	<i>Utilización para graduación más fina de juicios</i>

Para el objetivo de priorizar los riesgos por criterios se va aplicar la metodología AHP al problema de decisión planteado con la estructura jerárquica siguiente:

Comparación entre pares de criterios, evaluando la importancia de uno respecto al otro.

Escala: 1 Igual importancia hasta 9 Extrema importancia.

Técnico

Financiero

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Comparación entre pares de riesgos, evaluando la importancia de uno respecto al otro. En cada criterio.

Para la priorización de los riesgos técnicos que afectan la rentabilidad de este proyecto, cual es la importancia que tienen las alternativas entre ellas respecto al criterio **Técnico** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Perdidas por Sombras

Daños por Fenómenos Atmosféricos

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Perdidas por Sombras

Falta de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Perdidas por Sombras

Falta de Suministro y Reemplazos

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Daños por Fenómenos Atmosféricos

Falta de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Daños por Fenómenos Atmosféricos

Falta de Suministro y Reemplazos

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Falta de Mantenimiento

Falta de Suministro y Reemplazos

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Para la priorización de los riesgos financieros que afectan la rentabilidad de este proyecto, cual es la importancia que tienen las alternativas entre ellas respecto al criterio **Financiero** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Alto Pay Back

Costes de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Alto Pay Back

Variabilidad del VAN

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Alto Pay Back

Cambios en el Marco Jurídico

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Alto Pay Back

Falta de Financiamiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Costes del Mantenimiento

Variabilidad del VAN

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Costes del Mantenimiento

Cambios en el Marco Jurídico

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Costes del Mantenimiento

Falta de Financiamiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Variabilidad de los VAN

Cambios en el Marco Jurídico

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Variabilidad de la VAN

Falta de Financiamiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Cambios en el Marco Jurídico

Falta de Financiamiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Capitulo 5 Análisis Cualitativo-Cuestionario de Probabilidad e Impacto

Tomando en cuenta el diseño, la simulación de la instalación con PVsYST y las condiciones definidas del proyecto.

Parte 1. Evalúe la probabilidad de cada riesgo identificado siendo:

1: Probabilidad de Ocurrencia Mínima

5: Probabilidad de Ocurrencia Media

9: Probabilidad de Ocurrencia Alta

1. Cuál es la probabilidad de que esta instalación tenga un **alto pay back**:

1	3	5	7	9
---	---	---	---	---

2. Cuál es la probabilidad de que esta instalación tenga **perdidas por sombras**:

1	3	5	7	9
---	---	---	---	---

3. Cuál es la probabilidad de que los **costos del mantenimiento** de esta instalación sean altos:

1	3	5	7	9
---	---	---	---	---

4. Cuál es la probabilidad de que esta instalación tenga **daños por fenómenos naturales:**

1	3	5	7	9
---	---	---	---	---

5. Cuál es la probabilidad de que esta instalación tenga **variabilidad en el VAN:**

1	3	5	7	9
---	---	---	---	---

6. Cuál es la probabilidad de que esta instalación no tenga **mantenimiento:**

1	3	5	7	9
---	---	---	---	---

7. Cuál es la probabilidad de que esta instalación tenga **cambios en el marco legislativo:**

1	3	5	7	9
---	---	---	---	---

8. Cuál es la probabilidad de que esta instalación no tenga **reemplazos ni suministros:**

1	3	5	7	9
---	---	---	---	---

9. Cuál es la probabilidad de que esta instalación no tenga **financiación:**

1	3	5	7	9
---	---	---	---	---

Parte 2. Evalúe el impacto negativo que afecta la rentabilidad de la instalación siendo:

5: Impacto Bajo

20: Impacto Medio

80: Impacto Alto

1. Cuál es el impacto que puede causar un **alto pay back:**

5	10	20	40	80
---	----	----	----	----

2. Cuál es el impacto que puede causar las **perdidas por sombras:**

5	10	20	40	80
---	----	----	----	----

3. Cuál es el impacto que puede causar el **costo del mantenimiento**:

5	10	20	40	80
---	----	----	----	----

4. Cuál es el impacto que pueden causar los **daños por fenómenos naturales**:

5	10	20	40	80
---	----	----	----	----

5. Cuál es el impacto que puede causar la **variabilidad del VAN**:

5	10	20	40	80
---	----	----	----	----

6. Cuál es el impacto que puede causar la **falta de mantenimiento**:

5	10	20	40	80
---	----	----	----	----

7. Cuál es el impacto que pueden causar los **cambios en el marco legislativo**:

5	10	20	40	80
---	----	----	----	----

8. Cuál es el impacto que puede causar la **falta de reemplazos y suministros**:

5	10	20	40	80
---	----	----	----	----

9. Cuál es el impacto que puede causar la **falta de financiación**:

5	10	20	40	80
---	----	----	----	----

Capitulo 5 Análisis Cualitativo-Cuestionarios AHP

Evaluación de Urgencia de los Riesgos con Proceso Analítico Jerárquico Riesgos Moderados

Tomando en cuenta el diseño, la simulación de la instalación con PVsYST y las condiciones definidas del proyecto ya conocidas:

Encuesta 2. Para el objetivo global de decidir cuál es la prioridad de urgencia con la que deben ser atendidos los riesgos de moderada probabilidad e impacto de ocurrencia de la instalación fotovoltaica se va aplicar la metodología AHP al problema de decisión planteado con la estructura jerárquica siguiente:

Los cuatro riesgos de moderada probabilidad e impacto de ocurrencia son:

R2: Pérdidas por Sombras: Pérdidas de radiación solar por sombras de las instalaciones fotovoltaicas.

R3: Costos de Mantenimiento: Precio total a pagar por la limpieza de suciedad de los paneles solares durante la vida útil de la instalación.

R5: Variabilidad del VAN: Es el recorrido en términos porcentuales de la rentabilidad del proyecto. Mide el momento inicial y el beneficio que proporciona en términos absolutos, una vez descontada la inversión inicial.

R6: Falta de Mantenimiento: Efectos que causa el no limpiar el polvo y suciedad de una instalación durante su vida útil.

Los criterios a tomar en cuenta para su evaluación son:

C1: Tiempo: cuando se puede producir el riesgo y cuál es su duración

C2: Coste: coste económico de los problemas potenciales que ocasionara el riesgo

C3: Rendimiento: el desempeño del riesgo a lo largo de todo el proyecto

C4: Gravedad: alcance o repercusiones que puede tener el riesgo en las distintas partes del proyecto

Para ello vamos a utilizar el cuestionario de la escala de preferencia de Saaty en el proceso de comparación binaria:

Parte 1: Comparación entre pares de criterios, evaluando la importancia de uno respecto al otro.

Escala: 1 Igual importancia hasta 9 Extrema importancia.

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igual dominancia	Los dos elementos dominan por igual sobre el tercero
3	Dominancia moderada de un elemento comparado con el otro	La dominancia de un elemento es moderadamente más fuerte que la del otro sobre el tercero
5	Dominancia fuerte de un elemento comparado con el otro	La dominancia de un elemento es más fuerte que la del otro sobre el tercero
7	Dominancia muy fuerte de un elemento comparado con el otro	La dominancia de un elemento es mucho más fuerte que la del otro sobre el tercero
9	Extrema dominancia de un elemento comparado con el otro	La dominancia de un elemento es extremadamente más fuerte que la del otro sobre el tercero
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes	Se usan como compromiso entre dos juicios
Incrementos	Valores intermedios en incrementos	Utilización para graduación más fina de juicios

Para la prioridad de atención de los riesgos de moderada probabilidad e impacto en esta instalación fotovoltaica, cual es la importancia que tienen los criterios respecto a los demás criterios, seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Tiempo

Coste

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tiempo

Rendimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tiempo

Gravedad

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Coste

Rendimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Coste

Gravedad

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rendimiento

Gravedad

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Parte 2: Comparación entre pares de alternativas, evaluando la importancia de los riesgos respecto al otro. En cada criterio.

Escala: 1 Igual importancia hasta 9 Extrema importancia.

Para la prioridad de atención de los riesgos de moderada probabilidad e impacto en esta instalación fotovoltaica, cual es la importancia que tienen las alternativas entre ellas respecto al criterio **Tiempo** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

R2: Perdidas por Sombras

R3: Costes de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R2: Perdidas por Sombras

R5: Variabilidad del VAN

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R2: Perdidas por Sombras

R6: Falta de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R3: Costes de Mantenimiento

R5: Variabilidad del VAN

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R3: Costes de Mantenimiento

R6: Falta de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R5: Variabilidad del VAN

R6: Falta de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Para la prioridad de atención de los riesgos de moderada probabilidad e impacto en esta instalación fotovoltaica, cual es la importancia que tienen las alternativas entre ellas respecto al criterio **Costes** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

R2: Perdidas por Sombras

R3: Costes de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R2: Perdidas por Sombras

R5: Variabilidad del VAN

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R2: Perdidas por Sombras

R6: Falta de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R3: Costes de Mantenimiento

R5: Variabilidad del VAN

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R3: Costes de Mantenimiento

R6: Falta de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R5: Variabilidad del VAN

R6: Falta de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Para la prioridad de atención de los riesgos de moderada probabilidad e impacto en esta instalación fotovoltaica, cual es la importancia que tienen las alternativas entre ellas respecto al criterio **Rendimiento** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

R2: Perdidas por Sombras

R3: Costes de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R2: Perdidas por Sombras

R5: Variabilidad del VAN

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R2: Perdidas por Sombras

R6: Falta de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R3: Costes de Mantenimiento

R5: Variabilidad del VAN

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R3: Costes de Mantenimiento

R6: Falta de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R5: Variabilidad del VAN

R6: Falta de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Para la prioridad de atención de los riesgos de moderada probabilidad e impacto en esta instalación fotovoltaica, cual es la importancia que tienen las alternativas entre ellas respecto al criterio **Gravedad** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

R2: Perdidas por Sombras

R3: Costes de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R2: Perdidas por Sombras

R5: Variabilidad del VAN

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R2: Perdidas por Sombras

R6: Falta de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R3: Costes de Mantenimiento

R5: Variabilidad del VAN

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R3: Costes de Mantenimiento

R6: Falta de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R5: Variabilidad del VAN

R6: Falta de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Evaluación de Urgencia de los Riesgos con Proceso Analítico Jerárquico Altos Riesgos

Tomando en cuenta el diseño, la simulación de la instalación con PVsYST y las condiciones definidas del proyecto ya conocidas:

Encuesta 1. Para el objetivo global de decidir cuál es la prioridad de urgencia con la que deben ser atendidos los riesgos de alta probabilidad e impacto de ocurrencia de la instalación fotovoltaica se va aplicar la metodología AHP al problema de decisión planteado con la estructura jerárquica siguiente:

Los cuatro Riesgos de alta probabilidad e impacto de ocurrencia son:

R1: Alto Pay Back: alto tiempo que tardarán en recuperar el desembolso inicial invertido en el proceso productivo.

R4: Daños por Fenómenos Naturales: Terremotos, huracanes, tormentas etc, que puedan ocasionar daños a la instalación.

R7: Cambios en el marco legislativo: diferentes cambios que puedan surgir sobre la legislación vigente que rige las normas y ayudas aplicadas a este tipo de inversión.

R9: Falta de Financiación: La usencia de préstamos o financiación bancaria para sostener la inversión del proyecto.

Los criterios a tomar en cuenta para su evaluación son:

C1: Tiempo: cuando se puede producir el riesgo y cuál es su duración

C2: Coste: coste económico de los problemas potenciales que ocasionara el riesgo

C3: Rendimiento: el desempeño del riesgo a lo largo de todo el proyecto

C4: Gravedad: alcance o repercusiones que puede tener el riesgo en las distintas partes del proyecto

Para ello vamos a utilizar el cuestionario de la escala de preferencia de Saaty en el proceso de comparación binaria:

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igual dominancia	Los dos elementos dominan por igual sobre el tercero
3	Dominancia moderada de un elemento comparado con el otro	La dominancia de un elemento es moderadamente más fuerte que la del otro sobre el tercero
5	Dominancia fuerte de un elemento comparado con el otro	La dominancia de un elemento es más fuerte que la del otro sobre el tercero
7	Dominancia muy fuerte de un elemento comparado con el otro	La dominancia de un elemento es mucho más fuerte que la del otro sobre el tercero
9	Extrema dominancia de un elemento comparado con el otro	La dominancia de un elemento es extremadamente más fuerte que la del otro sobre el tercero
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes	Se usan como compromiso entre dos juicios
Incrementos	Valores intermedios en incrementos	Utilización para graduación más fina de juicios

Parte 1: Comparación entre pares de criterios, evaluando la importancia de uno respecto al otro.

Escala: 1 Igual importancia hasta 9 Extrema importancia.

Para la prioridad de atención de los riesgos de alta probabilidad e impacto en esta instalación fotovoltaica, cual es la importancia que tienen los criterios respecto a los demás criterios, seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Tiempo

Coste

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tiempo

Rendimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tiempo

Gravedad

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Coste

Rendimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Coste

Gravedad

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rendimiento

Gravedad

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Parte 2: Comparación entre pares de alternativas, evaluando la importancia de los riesgos respecto al otro. En cada criterio.

Escala: 1 Igual importancia hasta 9 Extrema importancia.

Para la prioridad de atención de los riesgos de alta probabilidad e impacto en esta instalación fotovoltaica, cual es la importancia que tienen las alternativas entre ellas respecto al criterio **Tiempo** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

R1: Alto Pay Back

R4: Daños por fenómenos naturales

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R1: Alto Pay Back

R7: Cambios en el marco legislativo

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R1: Alto Pay Back

R9: Falta de Financiación

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R4: Daños por fenómenos naturales

R7: Cambios en el marco legislativo

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R4: Daños por fenómenos naturales

R9: Falta de Financiación

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R7: Cambios en el marco legislativo

R9: Falta de Financiación

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Para la prioridad de atención de los riesgos de alta probabilidad e impacto en esta instalación fotovoltaica, cual es la importancia que tienen las alternativas entre ellas respecto al criterio **Costes** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

R1: Alto Pay Back

R4: Daños por fenómenos naturales

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R1: Alto Pay Back

R7: Cambios en el marco legislativo

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R1: Alto Pay Back

R9: Falta de Financiación

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R4: Daños por fenómenos naturales

R7: Cambios en el marco legislativo

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R4: Daños por fenómenos naturales

R9: Falta de Financiación

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R7: Cambios en el marco legislativo

R9: Falta de Financiación

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Para la prioridad de atención de los riesgos de alta probabilidad e impacto en esta instalación fotovoltaica, cual es la importancia que tienen las alternativas entre ellas respecto al criterio **Rendimiento** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

R1: Alto Pay Back

R4: Daños por fenómenos naturales

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R1: Alto Pay Back

R7: Cambios en el marco legislativo

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R1: Alto Pay Back

R9: Falta de Financiación

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R4: Daños por fenómenos naturales

R7: Cambios en el marco legislativo

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R4: Daños por fenómenos naturales

R9: Falta de Financiación

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R7: Cambios en el marco legislativo

R9: Falta de Financiación

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Para la prioridad de atención de los riesgos de alta probabilidad e impacto en esta instalación fotovoltaica, cual es la importancia que tienen las alternativas entre ellas respecto al criterio **Gravedad** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

R1: Alto Pay Back

R4: Daños por fenómenos naturales

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R1: Alto Pay Back

R7: Cambios en el marco legislativo

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R1: Alto Pay Back

R9: Falta de Financiación

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R4: Daños por fenómenos naturales

R7: Cambios en el marco legislativo

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R4: Daños por fenómenos naturales

R9: Falta de Financiación

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

R7: Cambios en el marco legislativo

R9: Falta de Financiación

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Capitulo 5 Análisis Cuantitativo-Cuestionario de Obtención de la Influencia

Tomando en cuenta los siguientes riesgos que afectan la rentabilidad de una instalación solar fotovoltaica responda las siguientes preguntas:

R1. Alto Pay Back: alto tiempo que tardarán en recuperar el desembolso inicial invertido en el proceso productivo.

R2. Perdidas por Sombras: perdidas de radiación solar por sombras de las instalaciones fotovoltaicas.

R3. Costos de Mantenimiento: precio total a pagar por la limpieza de suciedad de los paneles solares durante la vida útil de la instalación.

R4. Daños por Fenómenos Naturales: terremotos, huracanes, tormentas etc, que puedan ocasionar daños a la instalación.

R5. Variabilidad del VAN: es el recorrido en términos porcentuales de la rentabilidad del proyecto. Mide el momento inicial y el beneficio que proporciona en términos absolutos, una vez descontada la inversión inicial. Es un indicador de la rentabilidad absoluta neta que proporciona el proyecto.

R6. Falta de Mantenimiento: efectos que causa el no limpiar el polvo y suciedad de una instalación durante su vida útil.

R7. Cambios en el marco legislativo: diferentes cambios que puedan surgir sobre la legislación vigente que rige las normas y ayudas aplicadas a este tipo de inversión.

R8. Falta de Reemplazos y Suministros: sustitución de cualquier componente o estructura que impida la eficiencia durante la vida útil de la instalación.

R9. Falta de Financiación: la usencia de préstamos o financiación bancaria para sostener la inversión del proyecto.

Selecciona la respuesta con un círculo, subrayando o sombreando (Si o No):

1- ¿El riesgo falta de suministros y remplazos influye en el riesgo daños por fenómenos naturales?

Si o NO

2- ¿El riesgo perdidas por sombras influye en el riesgo daños por fenómenos naturales?

Si o NO

3- ¿El riesgo falta de mantenimiento influye en el riesgo daños por fenómenos naturales?

Si o NO

4- ¿El riesgo falta de financiación influye en el riesgo daños por fenómenos naturales?

Si o NO

5- ¿El riesgo alto pay back influye en el riesgo daños por fenómenos naturales?

Si o NO

6- ¿El riesgo variabilidad del VAN influye en el riesgo daños por fenómenos naturales?

Si o NO

7- ¿El riesgo costes del mantenimiento influye en el riesgo daños por fenómenos naturales?

Si o NO

8- ¿El riesgo cambios en el marco legislativo influye en el riesgo daños por fenómenos naturales?

Si o NO

9- ¿El riesgo daños por fenómenos naturales influye en el riesgo falta de suministros y reemplazos?

Si o NO

10- ¿El riesgo perdidas por sombras influye en el riesgo falta de suministros y reemplazos?

Si o NO

11- ¿El riesgo falta de mantenimiento influye en el riesgo falta de suministros y reemplazos?

Si o NO

12- ¿El riesgo falta de financiación influye en el riesgo falta de suministros y reemplazos?

Si o NO

13- ¿El riesgo alto pay back influye en el riesgo falta de suministros y reemplazos?

Si o NO

14- ¿El riesgo variabilidad del VAN influye en el riesgo falta de suministros y reemplazos?

Si o NO

15- ¿El riesgo costes del mantenimiento influye en el riesgo falta de suministros y reemplazos?

Si o NO

16- ¿El riesgo cambios en el marco legislativo influye en el riesgo falta de suministros y reemplazos?

Si o NO

17- ¿El riesgo daños por fenómenos naturales influye en el riesgo perdidas por sombras?

Si o NO

18- ¿El riesgo falta de suministros y reemplazos influye en el riesgo perdidas por sombras?

Si o NO

19- ¿El riesgo falta de mantenimiento influye en el riesgo perdidas por sombras?

Si o NO

20- ¿El riesgo falta de financiación influye en el riesgo perdidas por sombras?

Si o NO

21- ¿El riesgo alto pay back influye en el riesgo perdidas por sombras?

Si o NO

22- ¿El riesgo variabilidad del VAN influye en el riesgo perdidas por sombras?

Si o NO

23- ¿El riesgo costes del mantenimiento influye en el riesgo perdidas por sombras?

Si o NO

24- ¿El riesgo cambios en el marco legislativo influye en el riesgo perdidas por sombras?

Si o NO

25- ¿El riesgo daños por fenómenos naturales influye en el riesgo falta de mantenimiento?

Si o NO

26- ¿El riesgo falta de suministros y reemplazos influye en el riesgo falta de mantenimiento?

Si o NO

27- ¿El riesgo perdidas por sombras influye en el riesgo falta de mantenimiento?

Si o NO

28- ¿El riesgo falta de financiación influye en el riesgo falta de mantenimiento?

Si o NO

29- ¿El riesgo alto pay back influye en el riesgo falta de mantenimiento?

Si o NO

30- ¿El riesgo variabilidad del VAN influye en el riesgo falta de mantenimiento?

Si o NO

31- ¿El riesgo costes del mantenimiento influye en el riesgo falta de mantenimiento?

Si o NO

32- ¿El riesgo cambios en el marco legislativo influye en el riesgo falta de mantenimiento?

Si o NO

33- ¿El riesgo daños por fenómenos naturales influye en el riesgo falta de financiación?

Si o NO

34- ¿El riesgo falta de suministros y reemplazos influye en el riesgo falta de financiación?

Si o NO

35- ¿El riesgo perdidas por sombras influye en el riesgo falta de financiación?

Si o NO

36- ¿El riesgo falta de mantenimiento influye en el riesgo falta de financiación?

Si o NO

37- ¿El riesgo alto pay back influye en el riesgo falta de financiación?

Si o NO

38- ¿El riesgo variabilidad del VAN influye en el riesgo falta de financiación?

Si o NO

39- ¿El riesgo costes del mantenimiento influye en el riesgo falta de financiación?

Si o NO

40- ¿El riesgo cambios en el marco legislativo influye en el riesgo falta de financiación?

Si o NO

41- ¿El riesgo daños por fenómenos naturales influye en el riesgo alto pay back?

Si o NO

42- ¿El riesgo falta de suministros y reemplazos influye en el riesgo alto pay back?

Si o NO

43- ¿El riesgo perdidas por sombras influye en el riesgo alto pay back?

Si o NO

44- ¿El riesgo falta de mantenimiento influye en el riesgo alto pay back?

Si o NO

45- ¿El riesgo falta de financiación en el riesgo alto pay back?

Si o NO

46- ¿El riesgo variabilidad del VAN influye en el riesgo alto pay back?

Si o NO

47- ¿El riesgo costes del mantenimiento influye en el riesgo alto pay back?

Si o NO

48- ¿El riesgo cambios en el marco legislativo influye en el riesgo alto pay back?

Si o NO

49- ¿El riesgo daños por fenómenos naturales influye en el riesgo variabilidad del VAN?

Si o NO

50- ¿El riesgo falta de suministros y reemplazos influye en el riesgo variabilidad del VAN?

Si o NO

51- ¿El riesgo perdidas por sombras influye en el riesgo variabilidad del VAN?

Si o NO

52- ¿El riesgo falta de mantenimiento influye en el riesgo variabilidad del VAN?

Si o NO

53- ¿El riesgo falta de financiación en el riesgo variabilidad del VAN?

Si o NO

54- ¿El riesgo alto pay back influye en el riesgo variabilidad del VAN?

Si o NO

55- ¿El riesgo costes del mantenimiento influye en el riesgo variabilidad del VAN?

Si o NO

56- ¿El riesgo cambios en el marco legislativo influye en el riesgo variabilidad del VAN?

Si o NO

57- ¿El riesgo daños por fenómenos naturales influye en el riesgo costes de mantenimiento?

Si o NO

58- ¿El riesgo falta de suministros y reemplazos influye en el riesgo costes de mantenimiento?

Si o NO

59- ¿El riesgo perdidas por sombras influye en el riesgo costes de mantenimiento?

Si o NO

60- ¿El riesgo falta de mantenimiento influye en el riesgo costes de mantenimiento?

Si o NO

61- ¿El riesgo falta de financiación en el riesgo costes de mantenimiento?

Si o NO

62- ¿El riesgo alto pay back influye en el riesgo costes de mantenimiento?

Si o NO

63- ¿El riesgo variabilidad del VAN influye en el riesgo costes de mantenimiento?

Si o NO

64- ¿El riesgo cambios en el marco legislativo influye en el riesgo costes de mantenimiento?

Si o NO

65- ¿El riesgo daños por fenómenos naturales influye en el riesgo cambios en el marco legislativo?

Si o NO

66- ¿El riesgo falta de suministros y reemplazos influye en el riesgo cambios en el marco legislativo?

Si o NO

67- ¿El riesgo perdidas por sombras influye en el riesgo cambios en el marco legislativo?

Si o NO

68- ¿El riesgo falta de mantenimiento influye en el riesgo cambios en el marco legislativo?

Si o NO

69- ¿El riesgo falta de financiación en el riesgo cambios en el marco legislativo?

Si o NO

70- ¿El riesgo alto pay back influye en el riesgo cambios en el marco legislativo?

Si o NO

71- ¿El riesgo variabilidad del VAN influye en el riesgo cambios en el marco legislativo?

Si o NO

72- ¿El riesgo costes de mantenimiento influye en el riesgo cambios en el marco legislativo?

Si o NO

Capítulo 5 Análisis Cuantitativo-Cuestionario de Obtención de los Pesos de los Criterios

Sabiendo que los inversores de estos proyectos requieren identificar y priorizar los posibles riesgos que podrían afectar la rentabilidad de una instalación solar de este tipo, vamos a evaluar los siguientes riesgos identificados con métodos de toma de decisión:

Los criterios a tomar en cuenta para su evaluación son:

- C1: Técnico
- C2: Económico

Las sub-criterios consideradas como posibles riesgos que afectan la rentabilidad del proyecto son:

- R1: Alto Pay Back
- R2: Perdidas por Sombras
- R3: Costes del Mantenimiento
- R4: Daños por Fenómenos Atmosféricos
- R5: Variabilidad del VAN
- R6: Falta de Mantenimiento
- R7: Cambios en el Marco Jurídico
- R8: Falta de Suministro y Reemplazos
- R9: Falta de Financiamiento

Tomando en cuenta el diseño, la simulación de la instalación con PVsYST y las condiciones definidas del proyecto definidos en los recuadros de arriba.

Las alternativas consideradas como proyecto con mayor rentabilidad son:

- A1: Proyecto Parking Solar Universidad de Murcia
- A2: Proyecto Parking Solar Banco Caribe Republica Dominicana

Para ello vamos hacer a utilizar en el cuestionario de la escala de preferencia de Saaty en el proceso de comparación binaria:

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igual dominancia	Los dos elementos dominan por igual sobre el tercero
3	Dominancia moderada de un elemento comparado con el otro	La dominancia de un elemento es moderadamente más fuerte que la del otro sobre el tercero
5	Dominancia fuerte de un elemento comparado con el otro	La dominancia de un elemento es más fuerte que la del otro sobre el tercero
7	Dominancia muy fuerte de un elemento comparado con el otro	La dominancia de un elemento es mucho más fuerte que la del otro sobre el tercero
9	Extrema dominancia de un elemento comparado con el otro	La dominancia de un elemento es extremadamente más fuerte que la del otro sobre el tercero
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes	Se usan como compromiso entre dos juicios
Incrementos	Valores intermedios en incrementos	Utilización para graduación más fina de juicios

Parte 1: Comparación entre pares de criterios, evaluando la influencia o dominancia de uno respecto al otro.

Escala: 1 Igual importancia hasta 9 Extrema importancia.

Técnico

Económico

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Comparación entre pares de riesgos, evaluando la importancia de uno respecto al otro. En cada criterio.

Para la priorización de los riesgos técnicos que afectan la rentabilidad de este proyecto, cual es la importancia que tienen las alternativas entre ellas respecto al criterio **Técnico** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Perdidas por Sombras

Daños por Fenómenos Atmosféricos

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Perdidas por Sombras

Falta de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Perdidas por Sombras

Falta de Suministro y Reemplazos

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Daños por Fenómenos Atmosféricos

Falta de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Daños por Fenómenos Atmosféricos

Falta de Suministro y Reemplazos

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Falta de Mantenimiento

Falta de Suministro y Reemplazos

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Para la priorización de los riesgos financieros que afectan la rentabilidad de este proyecto, cual es la importancia que tienen las alternativas entre ellas respecto al criterio **Economico** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Alto Pay Back

Costes de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Alto Pay Back

Variabilidad del VAN

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Alto Pay Back

Cambios en el Marco Jurídico

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Alto Pay Back

Falta de Financiamiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Costes del Mantenimiento

Variabilidad del VAN

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Costes del Mantenimiento

Cambios en el Marco Jurídico

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Costes del Mantenimiento

Falta de Financiamiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Variabilidad de los VAN

Cambios en el Marco Jurídico

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Variabilidad de la VAN

Falta de Financiamiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Cambios en el Marco Jurídico

Falta de Financiamiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Parte 2: Comparación entre pares de sub-criterios, evaluando la influencia de uno respecto al otro. En cada criterio.

Escala: 1 Igual influencia hasta 9 Extrema influencia.

Para la elección del proyecto con mayor rentabilidad, cual es la influencia que tienen los siguientes riesgos técnicos entre ellos respecto al riesgo **Daños por Fenómenos Naturales** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Falta de reemplazos y Suministro

Falta de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Para la elección del proyecto con mayor rentabilidad, cual es la influencia que tienen los siguientes riesgos técnicos entre ellos respecto al riesgo **Falta de Reemplazos y Suministros** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Daños por Fenómenos Naturales

Falta del Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Para la elección del proyecto con mayor rentabilidad, cual es la influencia que tienen los siguientes riesgos técnicos entre ellos respecto al riesgo **Falta de Reemplazos y Suministros** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Alto Pay back

Costes del Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Para la elección del proyecto con mayor rentabilidad, cual es la influencia que tienen los siguientes riesgos técnicos entre ellos respecto al riesgo **Falta de Mantenimiento** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Daños por Fenómenos Atmosféricos

Falta de Reemplazos y Suministros

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Para la elección del proyecto con mayor rentabilidad, cual es la influencia que tienen los siguientes riesgos técnicos entre ellos respecto al riesgo **Falta de Financiación** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Daños por Fenómenos Atmosféricos

Falta de Reemplazos y Suministros

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Daños por Fenómenos Atmosféricos

Perdidas por Sombras

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Daños por Fenómenos Atmosféricos

Falta de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Falta de Reemplazos y Suministros

Perdidas por Sombras

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Falta de Reemplazos y Suministros

Falta de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Perdidas por Sombras

Falta de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Para la elección del proyecto con mayor rentabilidad, cual es la influencia que tienen los siguientes riesgos económicos entre ellos respecto al riesgo **Falta de Financiación** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Alto Pay Back									Variabilidad del VAN								
9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Alto Pay Back									Costes de Mantenimiento								
9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Alto Pay Back									Cambios en el Marco Legislativo								
9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Variabilidad del VAN									Costes de Mantenimiento								
9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Variabilidad del VAN									Cambios en el Marco Legislativo								
9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Costes de Mantenimiento									Cambios en el Marco Legislativo								
9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Para la elección del proyecto con mayor rentabilidad, cual es la influencia que tienen los siguientes riesgos técnicos entre ellos respecto al riesgo **Alto Pay Back** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Daños por Fenómenos Atmosféricos									Falta de Reemplazos y Suministros								
9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Daños por Fenómenos Atmosféricos									Perdidas por Sombras								
9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Daños por Fenómenos Atmosféricos									Falta de Mantenimiento								
9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Falta de Reemplazos y Suministros

Perdidas por Sombras

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Falta de Reemplazos y Suministros

Falta de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Perdidas por Sombras

Falta de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Para la elección del proyecto con mayor rentabilidad, cual es la influencia que tienen los siguientes riesgos económicos entre ellos, respecto al riesgo **Alto Pay Back** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Falta de Financiación

Variabilidad del VAN

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Falta de Financiación

Costes de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Falta de Financiación

Cambios en el Marco Legislativo

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Variabilidad del VAN

Costes de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Variabilidad del VAN

Cambios en el Marco Legislativo

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Costes de Mantenimiento

Cambios en el Marco Legislativo

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Para la elección del proyecto con mayor rentabilidad, cual es la influencia que tienen los siguientes riesgos económicos entre ellos, respecto al riesgo **Variabilidad del VAN** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Alto Pay Back

Costes de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Alto Pay back

Cambios en el Marco Legislativo

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Costes de Mantenimiento

Cambios en el Marco legislativo

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Para la elección del proyecto con mayor rentabilidad, cual es la influencia que tienen los siguientes riesgos técnicos entre ellos respecto al riesgo **Costes de Mantenimiento** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Daños por Fenómenos Atmosféricos

Falta de Reemplazos y Suministros

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Daños por Fenómenos Atmosféricos

Falta de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Falta de Reemplazos y Suministros

Falta de Mantenimiento

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Para la elección del proyecto con mayor rentabilidad, cual es la influencia que tienen los siguientes riesgos económicos entre ellos respecto al riesgo **Costes de Mantenimiento** seleccione el valor marcando o subrayando sobre el recuadro el número que considere:

Falta de Financiación

Alto Pay Back

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Falta de Financiación

Variabilidad del VAN

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Falta de Financiación

Cambios en el Marco Legislativo

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Alto Pay Back

Variabilidad del VAN

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Alto Pay Back

Cambios en el Marco Legislativo

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Capítulo 5 Análisis Cuantitativo- Cuestionario Obtención de la Valoraciones de los Criterios Cualitativos con respecto a las Alternativas

Tomando en cuenta el diseño, la simulación de la instalación con PVsYST y las condiciones definidas de los proyectos definidos, vamos a valorar los siguientes riesgos cualitativos según cada proyecto:

Los criterios a tomar en cuenta para su valoración son:

- C1: Técnico
- C2: Económico

Las sub-criterios cualitativos consideradas como posibles riesgos que afectan la rentabilidad del proyecto son:

- Daños por Fenómenos Atmosféricos
- Falta de Mantenimiento
- Cambios en el Marco Jurídico
- Falta de Suministro y Reemplazos
- Falta de Financiamiento

Las alternativas consideradas como proyecto con mayor rentabilidad son:

- A1: Proyecto Parking Solar Universidad de Murcia
- A2: Proyecto Parking Solar Banco Caribe Republica Dominicana

Parte 1: Comparación del riesgo, evaluando la importancia de la alternativa **A1: Proyecto Parking Solar Universidad de Murcia**, dándole valores entre 1 y 10, siendo:

- 1: Valor Mínimo.
- 5: Valor Intermedio
- 10: Valor Máximo

Seleccione el valor subrayando o poniendo en negrita el número que considere:

1. Posibles Daños por Fenómenos atmosféricos en la instalación:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

2. Probabilidad de que no se realice el mantenimiento de la instalación:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

3. Probabilidad de que cambie el marco legislativo con el que se hizo la instalación:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

4. Probabilidad de que hagan falta suministros y reemplazos en esta instalación:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

5. Probabilidad de que no tenga financiamiento esta instalación:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Parte 2: Comparación del riesgo, evaluando la importancia de la alternativa **A2: Proyecto Parking Solar Banco Caribe Republica Dominicana**, dándole valores entre 1 y 10, siendo:

- 1: Valor Mínimo.
- 5: Valor Intermedio
- 10: Valor Máximo

Seleccione el valor subrayando o poniendo en negrita el número que considere:

1. Posibles Daños por Fenómenos atmosféricos en la instalación:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

2. Probabilidad de que no se realice el mantenimiento de la instalación:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

3. Probabilidad de que cambie el marco legislativo con el que se hizo la instalación:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

4. Probabilidad de que hagan falta suministros y reemplazos en esta instalación:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

5. Probabilidad de que no tenga financiamiento esta instalación:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

9.2 Tablas de Cálculos

Capítulo 4. Tabla de Cálculos ANP-TOPSIS-Sistema de Generación Distribuida Pequeña y Mediana

Matriz de Influencia Experto 1															
		CT: Técnicos				CE: Económicos			CM: Medioambientales		CS: Sociales				
		CRD	GEO	PPA	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VMA	EG	MNO	PSP	VSE	SSE
CT: Técnicos	CRD	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1
	GEO	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1
	PPA	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	FUS	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
CE: Económicos	CE	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0
	BE	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0
	IRE	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0
CM: Medioambientales	IFT	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0
	VMA	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0
CS: Sociales	EG	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0
	MNO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
	PSP	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
	VSE	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1
	SSE	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0

Matriz de Influencia Experto 2															
		CT: Técnicos				CE: Económicos			CM: Medioambientales		CS: Sociales				
		CRD	GEO	PPA	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VMA	EG	MNO	PSP	VSE	SSE
CT: Técnicos	CRD	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1
	GEO	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
	PPA	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0
	FUS	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1
CE: Económicos	CE	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0
	BE	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	IRE	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
CM: Medioambientales	IFT	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0
	VMA	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
CS: Sociales	EG	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0
	MNO	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
	PSP	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1
	VSE	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
	SSE	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0

Matriz de Influencia Experto 3															
		CT: Técnicos				CE: Económicos			CM: Medioambientales		CS: Sociales				
		CRD	GEO	PPA	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VMA	EG	MNO	PSP	VSE	SSE
CT: Técnicos	CRD	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	GEO	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1
	PPA	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	FUS	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
CE: Económicos	CE	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
	BE	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1
	IRE	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0
CM: Medioambientales	IFT	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0
	VMA	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
CS: Sociales	EG	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
	MNO	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1
	PSP	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1
	VSE	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
	SSE	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0

Matriz de Influencia Experto 4															
		CT: Técnicos				CE: Económicos			CM: Medioambientales		CS: Sociales				
		CRD	GEO	PPA	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VMA	EG	MNO	PSP	VSE	SSE
CT: Técnicos	CRD	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	GEO	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
	PPA	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	FUS	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
CE: Económicos	CE	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1
	BE	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
	IRE	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1
CM: Medioambientales	IFT	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	VMA	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
CS: Sociales	EG	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
	MNO	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1
	PSP	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1
	VSE	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1
	SSE	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Matriz de Influencia Experto 5															
		CT: Técnicos				CE: Económicos			CM: Medioambientales		CS: Sociales				
		CRD	GEO	PPA	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VMA	EG	MNO	PSP	VSE	SSE
CT: Técnicos	CRD	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1
	GEO	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0
	PPA	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
	FUS	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
CE: Económicos	CE	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1
	BE	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0
	IRE	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0
CM: Medioambientales	IFT	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
	VMA	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0
CS: Sociales	EG	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
	MNO	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
	PSP	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1
	VSE	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1
	SSE	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0

Obtención del Peso de los Criterios Experto 1																	
		CT: Técnicos				CE: Económicos			CM: Medioambientales		CS: Sociales						
		CRD	GEO	PPA	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VMA	EG	MNO	PSP	VSE	SSE	Peso de Importancia	Peso Wc
CT: Técnicos	CRD	0	0.25	0.000	0.114	0.023	0	0	0.278	0.042	0.042	0	0	0	0.082	0.122	0.078
	GEO	0.099	0	0.000	0.114	0.114	0	0.1875	0.056	0.208	0.208	0	0.25	0.25	0.082	0.065	0.105
	PPA	0.029	0	0.000	0.023	0.000	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0	0.021	0.020	0.011
	FUS	0.206	0	0.000	0.000	0.114	0	0.063	0	0	0.000	0	0	0	0.316	0.329	0.059
CE: Económicos	CE	0.000	0.108	0.000	0.208	0.000	0.292	0.208	0.000	0	0.083	0	0.065	0.159	0	0.237	0.094
	BE	0	0.073	0.000	0.042	0.042	0.000	0.042	0.000	0.0625	0.083	0	0.026	0.026	0.000	0.023	0.035
	IRE	0	0.069	0.000	0.000	0.208	0.042	0.000	0.000	0.1875	0.083	0	0.159	0.065	0	0.049	0.067
CM: Medioambientales	IFT	0.250	0.042	0.000	0.250	0.063	0.000	0.208	0	0.25	0.000	0	0.219	0.125	0	0.056	0.155
	VMA	0.083	0.208	0.000	0.000	0.188	0.333	0.042	0.333	0	0.25	0	0.031	0.125	0.000	0.056	0.100
CS: Sociales	EG	0	0.000	0.000	0.096	0.053	0.170	0.013	0	0	0	0.75	0.025	0.059	0	0.013	0.059
	MNO	0.25	0.045	1.000	0.083	0.053	0.066	0.106	0.212	0.183	0.010	0	0.102	0.026	0.417	0.013	0.127
	PSP	0	0	0.000	0.000	0.011	0.022	0.065	0.086	0.047	0.035	0.25	0	0.115	0.000	0.003	0.018
	VSE	0	0.018	0.000	0.042	0.025	0.075	0.065	0	0.000	0.035	0	0.102	0.000	0.083	0.002	0.028
	SSE	0.083	0.188	0.000	0.028	0.109	0.000	0.000	0.035	0.020	0.170	0	0.021	0.051	0	0.011	0.063
Total		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.000	1.000

Obtención del Peso de los Criterios Experto 2																	
		CT: Técnicos				CE: Económicos			CM: Medioambientales		CS: Sociales						
		CRD	GEO	PPA	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VMA	EG	MNO	PSP	VSE	SSE	Peso de Importancia	Peso Wc
CT: Técnicos	CRD	0	0	0.000	0.195	0.033	0.0243	0.000	0.042	0.000	0.052	0	0.051	0.069	0.036	0.021	0.037
	GEO	0.221	0	0.278	0.045	0.146	0.1752	0.208	0.208	0.175	0.150	0	0.175	0.119	0.076	0.012	0.174
	PPA	0.068	0	0.000	0.094	0.033	0.0000	0.000	0.000	0.024	0.017	0	0.000	0.023	0.000	0.054	0.019
	FUS	0.044	0.250	0.056	0.000	0.038	0.0505	0.042	0.000	0.051	0.030	0	0.024	0.040	0.138	0.121	0.037
CE: Económicos	CE	0.333	0.168	0.333	0.083	0.000	0.0625	0.063	0.081	0.070	0.021	0	0.000	0.026	0.000	0.141	0.077
	BE	0	0.033	0.000	0.000	0.188	0.0000	0.188	0.142	0.146	0.154	0.250	0.063	0.159	0.188	0.048	0.132
	IRE	0	0.049	0.000	0.250	0.063	0.1875	0.000	0.028	0.034	0.074	0.083	0.188	0.065	0.063	0.412	0.058
CM: Medioambientales	IFT	0	0.188	0.333	0.333	0.208	0.0625	0.063	0.000	0.250	0.000	0	0.188	0.188	0.000	0.090	0.128
	VMA	0	0.063	0.000	0.000	0.042	0.1875	0.188	0.250	0.000	0.250	0.333	0.063	0.063	0.250	0.030	0.131
CS: Sociales	EG	0	0.026	0.000	0.000	0.013	0.0187	0.019	0.000	0.021	0.000	0.059	0.127	0.042	0.000	0.047	0.013
	MNO	0.333	0.108	0.000	0.000	0.145	0.0551	0.076	0.208	0.040	0.071	0	0.073	0.042	0.159	0.003	0.089
	PSP	0	0.069	0.000	0.000	0.000	0.0355	0.036	0.000	0.080	0.041	0.157	0.000	0.125	0.026	0.006	0.023
	VSE	0	0.023	0.000	0.000	0.064	0.1287	0.107	0.042	0.110	0.123	0.091	0.021	0.000	0.065	0.004	0.073
	SSE	0	0.023	0.000	0.000	0.029	0.0120	0.011	0.000	0.000	0.014	0.027	0.029	0.042	0.000	0.010	0.011
Total		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.000	1.000

Obtención del Peso de los Criterios Experto 3																	
		CT: Técnicos				CE: Económicos			CM: Medioambientales		CS: Sociales						
		CRD	GEO	PPA	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VMA	EG	MNO	PSP	VSE	SSE	Peso de Importancia	Peso Wc
CT: Técnicos	CRD	0	0	0.211	0.183	0.195	0	0	0	0.083	0	0	0	0	0.099	0.158	0.065
	GEO	0.167	0	0.101	0.020	0.000	0	0	0.25	0.417	0.250	0	0.333	0.25	0.043	0.027	0.094
	PPA	0.022	0	0.000	0.047	0.040	0	0.083	0	0	0	0	0	0	0.033	0.061	0.021
	FUS	0.061	0	0.021	0.000	0.015	0	0.167	0	0	0	0	0	0	0.075	0.054	0.029
CE: Económicos	CE	0.250	0	0.056	0.200	0	0.278	0.063	0.208	0	0.187	0	0	0	0	0.182	0.114
	BE	0	0	0.000	0.024	0.063	0	0.188	0.000	0	0.030	0	0	0.042	0.250	0.126	0.033
	IRE	0	0	0.278	0.026	0.188	0.056	0.000	0.042	0	0.033	0	0	0.208	0	0.087	0.066
CM: Medioambientales	IFT	0.250	0.333	0	0.000	0.208	0.083	0.208	0	0	0.250	0	0	0.219	0	0.066	0.126
	VMA	0	0	0	0.250	0.042	0.250	0.042	0.25	0	0	0	0.333	0.031	0.250	0.066	0.080
CS: Sociales	EG	0	0.056	0	0	0.183	0.014	0.017	0	0	0	0	0.254	0.073	0	0.035	0.042
	MNO	0.25	0.278	0	0	0.020	0.110	0.148	0	0.375	0	1	0.000	0.014	0.018	0.104	0.207
	PSP	0	0	0	0	0.000	0.103	0.040	0	0	0.188	0	0.000	0.133	0.162	0.012	0.026
	VSE	0	0.333	0	0	0.047	0.049	0.037	0.25	0.125	0.063	0	0.064	0.000	0.070	0.012	0.055
	SSE	0	0	0.333	0.250	0	0.058	0.009	0	0	0	0	0.016	0.030	0	0.011	0.042
Total		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.000	1.000

Obtención del Peso de los Criterios Experto 4																	
		CT: Técnicos				CE: Económicos			CM: Medioambientales		CS: Sociales					Peso de Importancia	Peso Wc
		CRD	GEO	PPA	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VMA	EG	MNO	PSP	VSE	SSE		
CT: Técnicos	CRD	0.000	0.115	0.037	0.278	0.030	0.000	0.000	0.167	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.085	0.013	0.020
	GEO	0.042	0.000	0.259	0.056	0.152	0.333	0.333	0.167	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.027	0.058	0.197
	PPA	0.000	0.055	0.000	0.000	0.152	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.023	0.006	0.018
	FUS	0.208	0.080	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.333	0	0.000	0.000	0.198	0.020	0.022
CE: Económicos	CE	0.250	0.188	0.000	0.333	0.000	0.278	0.083	0.000	0.000	0.111	0	0.000	0.000	0.083	0.091	0.123
	BE	0.000	0.063	0.000	0.000	0.278	0.000	0.250	0.000	0.000	0.111	0	0.000	0.000	0.000	0.266	0.097
	IRE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.056	0.056	0.000	0.000	0.000	0.111	0	0.000	0.000	0.250	0.266	0.033
CM: Medioambientales	IFT	0.063	0.063	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023
	VMA	0.188	0.188	0.333	0.000	0.000	0.000	0.000	0.333	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.038	0.017
CS: Sociales	EG	0.014	0.000	0.000	0.000	0.056	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000	1	0.750	0.125	0.019	0.017	0.071
	MNO	0.075	0.042	0.000	0.080	0.000	0.000	0.000	0.167	0.071	0.021	0	0.000	0.000	0.199	0.009	0.018
	PSP	0.023	0.042	0.000	0.054	0.000	0.145	0.278	0.167	0.214	0.211	0	0.000	0.875	0.056	0.045	0.236
	VSE	0.039	0.125	0.167	0.080	0.278	0.162	0.056	0.000	0.214	0.101	0	0.250	0.000	0.059	0.119	0.118
	SSE	0.099	0.042	0.167	0.120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.045	0.007
Total		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.000	1.000

Obtención del Peso de los Criterios Experto 5																	
		CT: Técnicos				CE: Económicos			CM: Medioambientales		CS: Sociales						
		CRD	GEO	PPA	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VMA	EG	MNO	PSP	VSE	SSE	Peso de Importancia	Peso Wc
CT: Técnicos	CRD	0	0.25	0	0.083	0.057	0.031	0	0.056	0.056	0.333	0	0.063	0	0.055	0.006	0.064
	GEO	0.25	0	0	0.000	0.141	0.246	0.259	0.278	0.278	0	0	0.188	0	0.000	0.094	0.130
	PPA	0	0	0	0.250	0.027	0.057	0.051	0	0.000	0	0	0.000	0	0.080	0.020	0.021
	FUS	0	0	0.5	0	0.024	0.000	0.023	0	0.000	0	0	0.000	0	0.115	0.020	0.022
CE: Económicos	CE	0.219	0.25	0.5	0.333	0.000	0.278	0.278	0	0.000	0.220	0	0.179	0.251	0.250	0.262	0.092
	BE	0.031	0	0	0	0.042	0.000	0.056	0	0.000	0.052	0.250	0.036	0.054	0.000	0.060	0.057
	IRE	0	0	0	0	0.208	0.056	0.000	0	0.000	0.062	0.083	0.036	0.028	0.000	0.032	0.074
CM: Medioambientales	IFT	0.125	0.188	0	0	0.042	0.000	0.000	0	0.333	0.000	0.000	0.125	0.000	0.250	0.178	0.061
	VMA	0.125	0.063	0	0	0.208	0.000	0.000	0.333	0.000	0.000	0.333	0.125	0.333	0.000	0.059	0.187
CS: Sociales	EG	0.019	0	0	0	0.011	0.015	0.042	0	0.000	0.000	0.000	0.016	0.016	0.014	0.018	0.007
	MNO	0.172	0.192	0	0	0.164	0.219	0.292	0.333	0.296	0.167	0.000	0.166	0.223	0.149	0.162	0.180
	PSP	0.021	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000	0	0.037	0.000	0.212	0.000	0.032	0.042	0.014	0.040
	VSE	0.000	0.039	0	0	0.038	0.049	0.000	0	0.000	0.167	0.035	0.034	0.000	0.045	0.033	0.028
	SSE	0.038	0.019	0	0.333	0.037	0.051	0.000	0	0.000	0.000	0.086	0.034	0.063	0	0.043	0.038
Total		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.000	1.000

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DEL RANKING DE LAS ALTERNATIVAS CON TOPSIS EXPERTO 1														
Valorización de las Alternativas														
	CT Técnicos				CE Económicos			CM Medioambientales		CS Sociales				
	CRD	GEO	PPA	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
	min:1,max:10	Min:1,max:10	W/año	Min:1,max:10	€/Wp	Min:10,max:1	Min:1,max:10	Min:10,max:11	Min:1,max:10	# Puesto de trabajo	Min:1,max:10	Min:1,max:10	Min:1,max:10	Min:1,max:10
5 KW	8	5	2	4	1 56	4	7	5	7	1000000	9	8	7	10
500 KW	7	7	3	6	1 5	8	8	6	6	977500	5	7	7	8
1 MW	6	5	4	7	1 2	8	5	7	6	950000	5	5	7	7
5 MW	5	5	6	8	1 1	8	5	8	5	925000	5	5	9	7
Construcción de la Matriz de Decisión														
Peso (W)	0 078	0 105	0 011	0 059	0 094	0 035	0 067	0 155	0 100	0 059	0 127	0 018	0 028	0 063
	CRD	GEO	PPA	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
5 KW	8	5	2	4	1 56	4	7	5	7	1000000	9	8	7	10
500 KW	7	7	3	6	1 5	8	8	6	6	977500	5	7	7	8
1 MW	6	5	4	7	1 2	8	5	7	6	950000	5	5	7	7
5 MW	5	5	6	8	1 1	8	5	8	5	925000	5	5	9	7
Normalización de la Matriz de Decisión														
	max	max	min	max	min	min	max	min	max	max	max	max	max	max
Peso (W)	0 078	0 105	0 011	0 059	0 094	0 035	0 067	0 155	0 100	0 059	0 127	0 018	0 028	0 063
	CRD	GEO	PPA	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
A1	0 606	0 449	0 248	0 311	0 576	0 277	0 548	0 379	0 579	0 519	0 721	0 627	0 464	0 618
A2	0 531	0 629	0 372	0 467	0 554	0 555	0 627	0 455	0 497	0 507	0 400	0 548	0 464	0 494
A3	0 455	0 449	0 496	0 545	0 443	0 555	0 392	0 531	0 497	0 493	0 400	0 392	0 464	0 432
A4	0 379	0 449	0 744	0 623	0 406	0 555	0 392	0 606	0 414	0 480	0 400	0 392	0 596	0 432
Ponderación de la Matriz de Decisión														
A1	0 048	0 047	0 003	0 018	0 054	0 010	0 037	0 059	0 058	0 031	0 092	0 011	0 013	0 039
A2	0 042	0 066	0 004	0 027	0 052	0 019	0 042	0 071	0 050	0 030	0 051	0 010	0 013	0 031
A3	0 036	0 047	0 006	0 032	0 042	0 019	0 026	0 082	0 050	0 029	0 051	0 007	0 013	0 027
A4	0 030	0 047	0 008	0 036	0 038	0 019	0 026	0 094	0 041	0 028	0 051	0 007	0 016	0 027
Determinar la Solución Ideal Positiva Pis y la Solución ideal Negativa Nis														
A+	0 048	0 066	0 003	0 036	0 038	0 010	0 042	0 059	0 058	0 031	0 092	0 011	0 016	0 039
A-	0 030	0 047	0 008	0 018	0 054	0 019	0 026	0 094	0 041	0 028	0 051	0 007	0 013	0 027

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DEL RANKING DE LAS ALTERNATIVAS CON TOPSIS EXPERTO 2														
Valorización de las Alternativas														
	CT Técnicos				CE Económicos			CM Medioambientales		CS Sociales				
	CRD	GEO	PPA	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
	Min:1,max:10	Min:1,max:10	W/año	Min:1,max:10	€/Wp	Min:10,max:1	Min:1,max:10	Min:10,max:11	Min:1,max:10	# Puesto de trabajo	Min:1,max:10	Min:1,max:10	Min:1,max:10	Min:1,max:10
5 KW	6	5	8	5	1 56	9	8	5	7	1000000	7	5	5	8
500 KW	7	6	8	5	1 5	8	9	7	6	977500	6	8	6	8
1 MW	9	8	4	9	1 2	7	6	7	8	950000	6	9	10	9
5 MW	9	9	5	8	1 1	7	6	7	6	925000	6	8	8	10
Construcción de la Matriz de Decisión														
Peso (W)	0 037	0 174	0 019	0 037	0 077	0 132	0 058	0 128	0 131	0 013	0 089	0 023	0 073	0 011
	CRD	GEO	PPA	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
5 KW	6	5	8	5	1 56	9	8	5	7	1000000	7	5	5	8
500 KW	7	6	8	5	1 5	8	9	7	6	977500	6	8	6	8
1 MW	9	8	4	9	1 2	7	6	7	8	950000	6	9	10	9
5 MW	9	9	5	8	1 1	7	6	7	6	925000	6	8	8	10
Normalización de la Matriz de Decisión														
	max	max	min	max	min	min	max	min	max	max	max	max	max	max
Peso (W)	0 037	0 174	0 019	0 037	0 077	0 132	0 058	0 128	0 131	0 013	0 089	0 023	0 073	0 011
	CRD	GEO	PPA	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
A1	0 382	0 348	0 615	0 358	0 576	0 577	0 543	0 381	0 515	0 519	0 559	0 327	0 333	0 455
A2	0 445	0 418	0 615	0 358	0 554	0 513	0 611	0 534	0 441	0 507	0 479	0 523	0 400	0 455
A3	0 573	0 557	0 308	0 645	0 443	0 449	0 407	0 534	0 588	0 493	0 479	0 588	0 667	0 512
A4	0 573	0 627	0 385	0 573	0 406	0 449	0 407	0 534	0 441	0 480	0 479	0 523	0 533	0 569
Ponderación de la Matriz de Decisión														
A1	0 014	0 060	0 012	0 013	0 044	0 076	0 031	0 049	0 068	0 007	0 049	0 008	0 024	0 005
A2	0 016	0 073	0 012	0 013	0 042	0 068	0 035	0 068	0 058	0 006	0 042	0 012	0 029	0 005
A3	0 021	0 097	0 006	0 024	0 034	0 059	0 024	0 068	0 077	0 006	0 042	0 014	0 049	0 005
A4	0 021	0 109	0 007	0 021	0 031	0 059	0 024	0 068	0 058	0 006	0 042	0 012	0 039	0 006
Determinar la Solución Ideal Positiva Pis y la Solución ideal Negativa Nis														
A+	0 021	0 109	0 006	0 024	0 031	0 059	0 035	0 049	0 077	0 007	0 049	0 014	0 049	0 006
A-	0 014	0 060	0 012	0 013	0 044	0 076	0 024	0 068	0 058	0 006	0 042	0 008	0 024	0 005

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DEL RANKING DE LAS ALTERNATIVAS CON TOPSIS EXPERTO 3														
Valorización de las Alternativas														
	CT Técnicos				CE Económicos			CM Medioambientales		CS Sociales				
	CRD	GEO	PPA	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
	Min:1,max:10	Min:1,max:10	W/año	Min:1,max:10	€/Wp	Min:10,max:1	Min:1,max:10	Min:10,max:11	Min:1,max:10	# Puesto de trabajo	Min:1,max:10	Min:1,max:10	Min:1,max:10	Min:1,max:10
5 KW	9	10	3	4	1 56	1	8	1	10	1000000	9	10	9	10
500 KW	6	9	4	7	1 5	5	7	2	10	977500	7	10	7	10
1 MW	4	6	5	9	1 2	7	5	4	9	950000	7	9	7	10
5 MW	2	4	7	10	1 1	9	2	7	6	925000	4	7	9	9
Construcción de la Matriz de Decisión														
Peso (W)	0 065	0 094	0 021	0 029	0 114	0 033	0 066	0 126	0 080	0 042	0 207	0 026	0 055	0 042
	CRD	GEO	PPA	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
5 KW	9	10	3	4	1 56	1	8	1	10	1000000	9	10	9	10
500 KW	6	9	4	7	1 5	5	7	2	10	977500	7	10	7	10
1 MW	4	6	5	9	1 2	7	5	4	9	950000	7	9	7	10
5 MW	2	4	7	10	1 1	9	2	7	6	925000	4	7	9	9
Normalización de la Matriz de Decisión														
	max	max	min	max	min	min	max	min	max	max	max	max	max	max
Peso (W)	0 065	0 094	0 021	0 029	0 114	0 033	0 066	0 126	0 080	0 042	0 207	0 026	0 055	0 042
	CRD	GEO	PPA	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
A1	0 769	0 655	0 302	0 255	0 576	0 080	0 671	0 120	0 562	0 519	0 645	0 550	0 558	0 512
A2	0 513	0 590	0 402	0 446	0 554	0 400	0 587	0 239	0 562	0 507	0 501	0 550	0 434	0 512
A3	0 342	0 393	0 503	0 574	0 443	0 560	0 420	0 478	0 505	0 493	0 501	0 495	0 434	0 512
A4	0 171	0 262	0 704	0 638	0 406	0 721	0 168	0 837	0 337	0 480	0 286	0 385	0 558	0 461
Ponderación de la Matriz de Decisión														
A1	0 050	0 061	0 006	0 007	0 066	0 003	0 044	0 015	0 045	0 022	0 133	0 014	0 031	0 022
A2	0 033	0 055	0 008	0 013	0 063	0 013	0 039	0 030	0 045	0 021	0 104	0 014	0 024	0 022
A3	0 022	0 037	0 011	0 017	0 051	0 019	0 028	0 060	0 040	0 021	0 104	0 013	0 024	0 022
A4	0 011	0 025	0 015	0 018	0 046	0 024	0 011	0 106	0 027	0 020	0 059	0 010	0 031	0 020
Determinar la Solución Ideal Positiva Pis y la Solución ideal Negativa Nis														
A+	0 050	0 061	0 006	0 018	0 046	0 003	0 044	0 015	0 045	0 022	0 133	0 014	0 031	0 022
A-	0 011	0 025	0 015	0 007	0 066	0 024	0 011	0 106	0 027	0 020	0 059	0 010	0 024	0 020

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DEL RANKING DE LAS ALTERNATIVAS CON TOPSIS EXPERTO 4														
Valorización de las Alternativas														
	CT Técnicos				CE Económicos			CM Medioambientales		CS Sociales				
	CRD	GEO	PPA	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
	Min:1,max:10	Min:1,max:10	W/año	Min:1,max:10	€/Wp	Min:10,max:1	Min:1,max:10	Min:10,max:11	Min:1,max:10	# Puesto de trabajo	Min:1,max:10	Min:1,max:10	Min:1,max:10	Min:1,max:10
5 KW	10	10	4	5	1 56	6	6	1	8	1000000	8	9	8	10
500 KW	8	10	6	6	1 5	5	7	2	8	977500	7	9	8	10
1 MW	6	6	7	8	1 2	4	7	4	6	950000	5	7	6	7
5 MW	5	4	9	9	1 1	4	7	8	6	925000	4	4	4	3
Construcción de la Matriz de Decisión														
Peso (W)	0 020	0 197	0 018	0 022	0 123	0 097	0 033	0 023	0 017	0 071	0 018	0 236	0 118	0 007
	CRD	GEO	PPA	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
5 KW	10	10	4	5	1 56	6	6	1	8	1000000	8	9	8	10
500 KW	8	10	6	6	1 5	5	7	2	8	977500	7	9	8	10
1 MW	6	6	7	8	1 2	4	7	4	6	950000	5	7	6	7
5 MW	5	4	9	9	1 1	4	7	8	6	925000	4	4	4	3
Normalización de la Matriz de Decisión														
	max	max	min	max	min	min	max	min	max	max	max	max	max	max
Peso (W)	0 020	0 197	0 018	0 022	0 123	0 097	0 033	0 023	0 017	0 071	0 018	0 236	0 118	0 007
	CRD	GEO	PPA	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
A1	0 667	0 630	0 296	0 348	0 576	0 622	0 444	0 108	0 566	0 519	0 645	0 597	0 596	0 623
A2	0 533	0 630	0 445	0 418	0 554	0 518	0 517	0 217	0 566	0 507	0 564	0 597	0 596	0 623
A3	0 400	0 378	0 519	0 557	0 443	0 415	0 517	0 434	0 424	0 493	0 403	0 465	0 447	0 436
A4	0 333	0 252	0 667	0 627	0 406	0 415	0 517	0 868	0 424	0 480	0 322	0 265	0 298	0 187
Ponderación de la Matriz de Decisión														
A1	0 013	0 124	0 005	0 008	0 071	0 061	0 015	0 003	0 010	0 037	0 012	0 141	0 070	0 004
A2	0 011	0 124	0 008	0 009	0 068	0 051	0 017	0 005	0 010	0 036	0 010	0 141	0 070	0 004
A3	0 008	0 074	0 009	0 012	0 054	0 040	0 017	0 010	0 007	0 035	0 007	0 110	0 053	0 003
A4	0 007	0 050	0 012	0 014	0 050	0 040	0 017	0 020	0 007	0 034	0 006	0 063	0 035	0 001
Determinar la Solución Ideal Positiva Pis y la Solución ideal Negativa Nis														
A+	0 013	0 124	0 005	0 014	0 050	0 040	0 017	0 003	0 010	0 037	0 012	0 141	0 070	0 004
A-	0 007	0 050	0 012	0 008	0 071	0 061	0 015	0 020	0 007	0 034	0 006	0 063	0 035	0 001

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DEL RANKING DE LAS ALTERNATIVAS CON TOPSIS EXPERTO 5														
Valorización de las Alternativas														
	CT Técnicos				CE Económicos			CM Medioambientales		CS Sociales				
	CRD	GEO	PPA	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
	Min:1,max:10	Min:1,max:10	W/año	Min:1,max:10	€/Wp	Min:10,max:1	Min:1,max:10	Min:10,max:11	Min:1,max:10	# Puesto de trabajo	Min:1,max:10	Min:1,max:10	Min:1,max:10	Min:1,max:10
5 KW	2	2	7	7	1 56	9	4	2	2	1000000	8	9	2	2
500 KW	8	3	5	7	1 5	8	6	3	2	977500	7	8	4	3
1 MW	8	6	4	6	1 2	7	8	5	4	950000	7	6	4	6
5 MW	8	7	4	6	1 1	7	8	7	5	925000	7	4	5	7
Construcción de la Matriz de Decisión														
Peso (W)	0 064	0 130	0 021	0 022	0 092	0 057	0 074	0 061	0 187	0 007	0 180	0 040	0 028	0 038
	CRD	GEO	PPA	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
5 KW	2	2	7	7	1 56	9	4	2	2	1000000	8	9	2	2
500 KW	8	3	5	7	1 5	8	6	3	2	977500	7	8	4	3
1 MW	8	6	4	6	1 2	7	8	5	4	950000	7	6	4	6
5 MW	8	7	4	6	1 1	7	8	7	5	925000	7	4	5	7
Normalización de la Matriz de Decisión														
	max	max	min	max	min	min	max	min	max	max	max	max	max	max
Peso (W)	0 064	0 130	0 021	0 022	0 092	0 057	0 074	0 061	0 187	0 007	0 180	0 040	0 028	0 038
	CRD	GEO	PPA	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
A1	0 143	0 202	0 680	0 537	0 576	0 577	0 298	0 214	0 286	0 519	0 551	0 641	0 256	0 202
A2	0 571	0 303	0 486	0 537	0 554	0 513	0 447	0 322	0 286	0 507	0 482	0 570	0 512	0 303
A3	0 571	0 606	0 389	0 460	0 443	0 449	0 596	0 536	0 571	0 493	0 482	0 427	0 512	0 606
A4	0 571	0 707	0 389	0 460	0 406	0 449	0 596	0 750	0 714	0 480	0 482	0 285	0 640	0 707
Ponderación de la Matriz de Decisión														
A1	0 009	0 026	0 014	0 012	0 053	0 033	0 022	0 013	0 053	0 003	0 099	0 025	0 007	0 008
A2	0 037	0 039	0 010	0 012	0 051	0 029	0 033	0 020	0 053	0 003	0 087	0 023	0 014	0 011
A3	0 037	0 079	0 008	0 010	0 041	0 025	0 044	0 033	0 107	0 003	0 087	0 017	0 014	0 023
A4	0 037	0 092	0 008	0 010	0 038	0 025	0 044	0 046	0 134	0 003	0 087	0 011	0 018	0 027
Determinar la Solución Ideal Positiva Pis y la Solución ideal Negativa Nis														
A+	0 037	0 092	0 008	0 012	0 038	0 025	0 044	0 013	0 134	0 003	0 099	0 025	0 018	0 027
A-	0 009	0 026	0 014	0 010	0 053	0 033	0 022	0 046	0 053	0 003	0 087	0 011	0 007	0 008

Resultados del Ranking de las Alternativas Sistema de Generación Distribuida Pequeña y Mediana					
Medidas de la Distancia					
	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5
d+A1	0.031	0.061	0.022	0.030	0.113
d+A2	0.049	0.054	0.044	0.022	0.100
d+A3	0.058	0.027	0.070	0.062	0.039
d+A4	0.066	0.032	0.136	0.115	0.038
d-A1	0.062	0.024	0.136	0.115	0.038
d-A2	0.039	0.020	0.102	0.115	0.044
d-A3	0.024	0.054	0.072	0.063	0.087
d-A4	0.025	0.056	0.023	0.030	0.113
Proximidad Relativa					
RA1	0.665	0.284	0.859	0.795	0.251
RA2	0.444	0.274	0.699	0.841	0.308
RA3	0.297	0.667	0.505	0.501	0.689
RA4	0.270	0.634	0.147	0.205	0.749
Ordenación de Preferencias					
ORDEN	A1 >A2 >A3 >A4	A3 >A4 >A1 >A2	A1 >A2>A13>A4	A2 >A1>A3>A4	A4 >A3>A2>A1

Capítulo 4. Tablas de Cálculos ANP-TOPSIS-Sistema de Generación Distribuida a gran escala

Matriz de Influencia Experto 1															
		CT: Técnicos				CE: Económicos			CM: Medioambientales		CS: Sociales				
		CRD	GEO	EFS	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VMA	EG	MNO	PSP	VSE	SSE
CT: Técnicos	CRD	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1
	GEO	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
	EFS	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	FUS	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
CE: Económicos	CE	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0
	BE	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0
	IRE	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0
CM: Medioambientales	IFT	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
	VMA	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0
CS: Sociales	EG	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0
	MNO	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0
	PSP	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0
	VSE	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
	SSE	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0

Matriz de Influencia Experto 2															
		CT: Técnicos				CE: Económicos			CM: Medioambientales		CS: Sociales				
		CRD	GEO	EFS	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VMA	EG	MNO	PSP	VSE	SSE
CT: Técnicos	CRD	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1
	GEO	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
	EFS	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1
	FUS	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1
CE: Económicos	CE	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	BE	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
	IRE	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0
CM: Medioambientales	IFT	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0
	VMA	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
CS: Sociales	EG	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0
	MNO	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
	PSP	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0
	VSE	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	SSE	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0

Matriz de Influencia Experto 3															
		CT: Técnicos				CE: Económicos			CM: Medioambientales		CS: Sociales				
		CRD	GEO	EFS	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VMA	EG	MNO	PSP	VSE	SSE
CT: Técnicos	CRD	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1
	GEO	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
	EFS	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1
	FUS	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1
CE: Económicos	CE	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
	BE	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1
	IRE	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0
CM: Medioambientales	IFT	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1
	VMA	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
CS: Sociales	EG	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
	MNO	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1
	PSP	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1
	VSE	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1
	SSE	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0

Matriz de Influencia Experto 4															
		CT: Técnicos				CE: Económicos			CM: Medioambientales		CS: Sociales				
		CRD	GEO	EFS	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VMA	EG	MNO	PSP	VSE	SSE
CT: Técnicos	CRD	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
	GEO	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1
	EFS	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	FUS	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
CE: Económicos	CE	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
	BE	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
	IRE	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1
CM: Medioambientales	IFT	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
	VMA	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
CS: Sociales	EG	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
	MNO	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1
	PSP	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1
	VSE	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1
	SSE	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Matriz de Influencia Experto 5															
		CT: Técnicos				CE: Económicos			CM: Medioambientales		CS: Sociales				
		CRD	GEO	EFS	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VMA	EG	MNO	PSP	VSE	SSE
CT: Técnicos	CRD	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	GEO	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	EFS	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
	FUS	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
CE: Económicos	CE	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0
	BE	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0
	IRE	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0
CM: Medioambientales	IFT	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
	VMA	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0
CS: Sociales	EG	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0
	MNO	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0
	PSP	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	VSE	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
	SSE	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0

Obtención del Peso de los Criterios Experto 1																	
		CT: Técnicos				CE: Económicos			CM: Medioambientales		CS: Sociales						
		CRD	GEO	EFS	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VMA	EG	MNO	PSP	VSE	SSE	Peso de Importancia	Peso Wc
CT: Técnicos	CRD	0	0.250	0.000	0.120	0.029	0.000	0.000	0.083	0.000	0.000	0.167	0.042	0.000	0.200	0.026	0.065
	GEO	0.333	0.000	0.000	0.028	0.206	0.000	0.250	0.417	0.333	0.333	0.167	0.000	0.208	0.200	0.080	0.165
	EFS	0.000	0.000	0.000	0.101	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.042	0.000	0.015	0.017
	FUS	0.000	0.000	1.000	0	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.208	0.000	0.600	0.164	0.034
CE: Económicos	CE	0.000	0.219	0.000	0.107	0.000	0.375	0.188	0.000	0.000	0.200	0.000	0.036	0.159	0.000	0.410	0.076
	BE	0.000	0.000	0	0.036	0.125	0.000	0.063	0.000	0.000	0.067	0.000	0.107	0.026	0.000	0.045	0.065
	IRE	0.000	0.031	0.000	0.107	0.125	0.125	0.000	0.000	0.000	0.067	0.000	0.107	0.065	0.000	0.106	0.079
CM: Medioambientales	IFT	0.333	0.250	0	0.250	0.125	0.000	0.000	0.000	0.333	0.000	0.167	0.250	0.219	0.000	0.017	0.147
	VMA	0.000	0.000	0	0	0.125	0.000	0.250	0.500	0.000	0.000	0.167	0.000	0.031	0.000	0.051	0.094
CS: Sociales	EG	0.000	0.000	0	0	0.159	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.033	0.000	0.012	0.067
	MNO	0.076	0.063	0	0.031	0.065	0.500	0.160	0.000	0.093	0.170	0.000	0.139	0.027	0.000	0.045	0.085
	PSP	0.017	0.000	0	0	0.000	0.000	0.049	0.000	0.024	0.066	0.056	0.000	0.076	0.000	0.003	0.011
	VSE	0.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.216	0.075	0.278	0.065	0.000	0.000	0.006	0.025
	SSE	0.241	0.188	0.000	0.219	0.026	0.000	0.028	0.000	0.000	0.022	0.000	0.033	0.114	0.000	0.021	0.072
Total		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.000	1.00

Obtención del Peso de los Criterios Experto 2																	
		CT: Técnicos				CE: Económicos			CM: Medioambientales		CS: Sociales					Peso de Importancia	Peso Wc
		CRD	GEO	EFS	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VMA	EG	MNO	PSP	VSE	SSE		
CT: Técnicos	CRD	0.000	0.125	0.152	0.037	0.037	0.070	0.000	0.000	0.000	0.278	0.000	0.000	0.000	0.068	0.033	0.046
	GEO	0.000	0.000	0.030	0.108	0.072	0.202	0.238	0.250	0.250	0.000	0.250	0.244	0.250	0.286	0.015	0.118
	EFS	0.000	0.000	0.000	0.189	0.016	0.031	0.045	0.000	0.000	0.056	0.000	0.027	0.000	0.028	0.074	0.045
	FUS	0.250	0.125	0.152	0.000	0.125	0.031	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000	0.063	0.000	0.118	0.159	0.084
CE: Económicos	CE	0.250	0.063	0.048	0.333	0.000	0.083	0.083	0.036	0.026	0.030	0.023	0.035	0.083	0.000	0.412	0.083
	BE	0.000	0.188	0.143	0.000	0.208	0.000	0.250	0.107	0.065	0.152	0.114	0.212	0.083	0.000	0.082	0.131
	IRE	0.000	0.000	0.143	0.000	0.042	0.250	0.000	0.107	0.159	0.152	0.114	0.086	0.083	0.000	0.082	0.062
CM: Medioambientales	IFT	0.000	0.000	0.000	0.000	0.063	0.000	0.000	0.000	0.250	0.000	0.125	0.000	0.042	0.000	0.013	0.039
	VMA	0.250	0.250	0.000	0.000	0.188	0.000	0.000	0.250	0.000	0.000	0.125	0.000	0.208	0.000	0.039	0.098
CS: Sociales	EG	0.018	0.000	0.000	0.278	0.105	0.115	0.167	0.000	0.000	0.000	0.027	0.025	0.069	0.000	0.014	0.112
	MNO	0.070	0.019	0.000	0.000	0.012	0.018	0.015	0.042	0.023	0.048	0.000	0.087	0.015	0.500	0.028	0.030
	PSP	0.000	0.141	0.000	0.000	0.027	0.043	0.035	0.000	0.114	0.143	0.104	0.000	0.035	0.000	0.007	0.029
	VSE	0.000	0.048	0.000	0.000	0.027	0.043	0.035	0.000	0.114	0.143	0.104	0.171	0.000	0.000	0.007	0.029
	SSE	0.162	0.042	0.333	0.056	0.080	0.115	0.082	0.208	0.000	0.000	0.016	0.050	0.131	0.000	0.034	0.093
Total		1.000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.00	1.000	1.00

Obtención del Peso de los Criterios Experto 3																	
		CT: Técnicos				CE: Económicos			CM: Medioambientales		CS: Sociales						
		CRD	GEO	EFS	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VMA	EG	MNO	PSP	VSE	SSE	Peso de Importancia	Peso Wc
CT: Técnicos	CRD	0	0.000	0.164	0.083	0.127	0.000	0.063	0.125	0.019	0.042	0.000	0.000	0.017	0.016	0.012	0.063
	GEO	0.028	0.000	0.114	0.083	0.019	0.083	0.063	0.125	0.130	0.208	0.000	0.250	0.179	0.115	0.031	0.146
	EFS	0.120	0.000	0.000	0.083	0.049	0.083	0.063	0.000	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000	0.057	0.009	0.013
	FUS	0.101	0.250	0.055	0	0.056	0.083	0.063	0	0.050	0.000	0.000	0.000	0.055	0.062	0.006	0.025
CE: Económicos	CE	0.188	0.250	0.250	0.165	0.000	0.125	0.125	0.218	0.042	0.150	0.000	0.250	0.159	0.188	0.079	0.180
	BE	0.063	0.000	0	0.039	0.208	0.000	0.125	0	0.208	0.050	0.000	0.000	0.026	0.048	0.013	0.039
	IRE	0.000	0.000	0.083	0.046	0.042	0.125	0.000	0.031	0.000	0.050	0.000	0.000	0.065	0	0.032	0.027
CM: Medioambientales	IFT	0.250	0.250	0	0	0.219	0.125	0.125	0	0.250	0.219	0.000	0.219	0.188	0.208	0.329	0.135
	VMA	0.000	0.000	0	0.25	0.031	0.125	0.125	0.25	0.000	0.031	0.000	0.031	0.063	0.042	0.037	0.108
CS: Sociales	EG	0.000	0.014	0	0	0.160	0.050	0.160	0	0.000	0.000	0.000	0.188	0.080	0	0.119	0.063
	MNO	0.042	0.025	0	0	0.012	0.050	0.012	0	0.250	0.077	0.000	0.000	0.011	0.034	0.017	0.024
	PSP	0.208	0.087	0	0.225	0.041	0.050	0.041	0.208	0.000	0.013	0.833	0.000	0.139	0.146	0.204	0.112
	VSE	0.000	0.124	0	0	0.036	0.050	0.036	0.042	0.000	0.131	0.000	0.051	0.000	0.070	0.077	0.051
	SSE	0.000	0.000	0.333	0.025	0.000	0.050	0.000	0	0.000	0.030	0.167	0.011	0.020	0	0.035	0.014
Total		1	1	1	1	1	1.00	1	1	1	1	1	1	1	1	1.000	1.00

Obtención del Peso de los Criterios Experto 4																	
		CT: Técnicos				CE: Económicos			CM: Medioambientales		CS: Sociales					Peso de Importancia	Peso Wc
		CRD	GEO	EFS	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VMA	EG	MNO	PSP	VSE	SSE		
CT: Técnicos	CRD	0.000	0.175	0.045	0.278	0.147	0.000	0.000	0.250	0.000	0.000	0.208	0.000	0.000	0.185	0.025	0.040
	GEO	0.278	0.000	0.094	0.056	0.058	0.250	0.333	0.083	0.000	0.000	0.042	0.000	0.000	0.024	0.056	0.171
	EFS	0.000	0.024	0.000	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.042	0.005	0.003
	FUS	0.056	0.051	0.195	0.000	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.333	0.000	0.000	0.000	0.083	0.011	0.013
CE: Económicos	CE	0.000	0.188	0.000	0.333	0.000	0.188	0.167	0.000	0.000	0.078	0.250	0.000	0.000	0.250	0.050	0.132
	BE	0.000	0.063	0.000	0.000	0.188	0.000	0.167	0.000	0.000	0.228	0.000	0.000	0.000	0.000	0.428	0.040
	IRE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.063	0.063	0.000	0.000	0.000	0.027	0.000	0.000	0.000	0.083	0.146	0.033
CM: Medioambientales	IFT	0.083	0.219	0.000	0.000	0.250	0.000	0.000	0.000	0.500	0.000	0.208	0.000	0.000	0.000	0.038	0.034
	VMA	0.250	0.031	0.333	0.000	0.000	0.000	0.000	0.333	0.000	0.000	0.042	0.000	0.000	0.000	0.005	0.023
CS: Sociales	EG	0.012	0.000	0.000	0.000	0.250	0.250	0.000	0.000	0.000	0.000	0.250	0.875	0.167	0.038	0.011	0.236
	MNO	0.109	0.021	0.000	0.124	0.000	0.000	0.000	0.056	0.040	0.078	0.000	0.000	0.000	0.074	0.022	0.011
	PSP	0.052	0.136	0.000	0.054	0.000	0.208	0.278	0.278	0.343	0.228	0.000	0.000	0.833	0.188	0.114	0.209
	VSE	0.031	0.030	0.083	0.031	0.000	0.042	0.056	0.000	0.117	0.027	0.000	0.125	0.000	0.033	0.060	0.045
	SSE	0.129	0.063	0.250	0.124	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.009
Total		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00

Obtención del Peso de los Criterios Experto 5																	
		CT: Técnicos				CE: Económicos			CM: Medioambientales		CS: Sociales						
		CRD	GEO	EFS	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VMA	EG	MNO	PSP	VSE	SSE	Peso de Importancia	Peso Wc
CT: Técnicos	CRD	0	0.188	0	0.081	0.030	0.056	0.042	0.139	0.042	0.083	0.167	0.055	0.052	0.250	0.029	0.071
	GEO	0.219	0.000	0.857	0.223	0.150	0.278	0.208	0.165	0.292	0.250	0.167	0.179	0.159	0.000	0.146	0.180
	EFS	0.000	0.063	0.000	0.029	0.052	0.000	0.000	0.196	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.000	0.039	0.048
	FUS	0.031	0.000	0.143	0	0.017	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.017	0.020	0.750	0.022	0.020
CE: Económicos	CE	0.198	0.192	0	0.333	0.000	0.250	0.219	0	0.000	0.234	0.000	0.163	0.194	0	0.434	0.084
	BE	0.018	0.019	0	0	0.083	0.000	0.031	0	0.000	0.032	0.000	0.056	0.028	0	0.087	0.043
	IRE	0.034	0.039	0	0	0.167	0.083	0.000	0	0.000	0.067	0.000	0.032	0.028	0	0.087	0.087
CM: Medioambientales	IFT	0.208	0.125	0	0	0.188	0	0.000	0	0.333	0.000	0.250	0.200	0.188	0	0.078	0.124
	VMA	0.042	0.125	0	0	0.063	0	0.250	0.5	0.000	0.000	0.083	0.050	0.063	0	0.026	0.111
CS: Sociales	EG	0.000	0.000	0	0	0.015	0	0.010	0	0.000	0.000	0.000	0.141	0.043	0	0.002	0.008
	MNO	0.129	0.172	0	0	0.192	0.333	0.165	0	0.232	0.189	0.000	0.048	0.148	0	0.032	0.163
	PSP	0.040	0.038	0	0	0.000	0	0.027	0	0.025	0.000	0.200	0.000	0.041	0	0.005	0.016
	VSE	0.028	0.019	0	0	0.000	0	0.000	0	0.033	0.108	0.067	0.042	0.000	0	0.006	0.007
	SSE	0.053	0.021	0	0.333	0.043	0	0.048	0	0.044	0.037	0.067	0.019	0.018	0	0.008	0.038
Total		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.0

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DEL RANKING DE LAS ALTERNATIVAS CON TOPSIS EXPERTO 1														
Valorización de las Alternativas														
	CT Técnicos				CE Económicos			CM Medioambientales		CS Sociales				
	CRD	GEO	EFS	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
	Min:1,max:10	Min:1,max:10	W/año	Min:1,max:10	€/Wp	Min:10,max:1	Min:1,max:10	Min:10,max:11	Min:1,max:10	# Puesto de trabajo	Min:1,max:10	Min:1,max:10	Min:1,max:10	Min:1,max:10
20 MW	9	6	7	8	0 98	7	10	8	5	900000	6	4	6	8
50 MW	9	5	7	9	0 96	6	10	9	5	782000	6	3	5	8
100 MW	10	4	8	9	0 87	7	9	10	3	700000	6	2	3	6
333 MW	10	4	8	10	0 85	8	8	10	2	540000	6	2	3	3
Construcción de la Matriz de Decisión														
Peso (W)	0 065	0 165	0 017	0 034	0 076	0 065	0 079	0 147	0 094	0 067	0 086	0 011	0 025	0 072
	CRD	GEO	EFS	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
20 MW	9	6	7	8	0 98	7	10	8	5	900000	6	4	6	8
50 MW	9	5	7	9	0 96	6	10	9	5	782000	6	3	5	8
100 MW	10	4	8	9	0 87	7	9	10	3	700000	6	2	3	6
333 MW	10	4	8	10	0 85	8	8	10	2	540000	6	2	3	3
Normalización de la Matriz de Decisión														
	max	max	min	max	min	min	max	min	max	max	max	max	max	max
	0 065	0 165	0 017	0 034	0 076	0 065	0 079	0 147	0 094	0 067	0 086	0 011	0 025	0 072
	CRD	GEO	EFS	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
A1	0 473	0 622	0 466	0 443	0 535	0 497	0 538	0 431	0 630	0 606	0 500	0 696	0 675	0 608
A2	0 473	0 518	0 466	0 498	0 524	0 426	0 538	0 485	0 630	0 527	0 500	0 522	0 563	0 608
A3	0 526	0 415	0 532	0 498	0 475	0 497	0 485	0 538	0 378	0 472	0 500	0 348	0 338	0 456
	0 526	0 415	0 532	0 554	0 464	0 569	0 431	0 538	0 252	0 364	0 500	0 348	0 338	0 228
Ponderación de la Matriz de Decisión														
A1	0 031	0 103	0 008	0 015	0 040	0 032	0 042	0 063	0 059	0 041	0 043	0 007	0 017	0 044
A2	0 031	0 086	0 008	0 017	0 040	0 028	0 042	0 071	0 059	0 035	0 043	0 006	0 014	0 044
A3	0 034	0 068	0 009	0 017	0 036	0 032	0 038	0 079	0 035	0 032	0 043	0 004	0 008	0 033
A4	0 034	0 068	0 009	0 019	0 035	0 037	0 034	0 079	0 024	0 024	0 043	0 004	0 008	0 016
Determinar la Solución Ideal Positiva Pis y la Solución ideal Negativa Nis														
A+	0 034	0 103	0 008	0 019	0 035	0 028	0 042	0 063	0 059	0 041	0 043	0 007	0 017	0 044
A-	0 031	0 068	0 009	0 015	0 040	0 037	0 034	0 079	0 024	0 024	0 043	0 004	0 008	0 016

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DEL RANKING DE LAS ALTERNATIVAS CON TOPSIS EXPERTO 2														
Valorización de las Alternativas														
	CT Técnicos				CE Económicos			CM Medioambientales		CS Sociales				
	CRD	GEO	EFS	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
	Min:1,max:10	Min:1,max:10	W/año	Min:1,max:10	€/Wp	Min:10,max:1	Min:1,max:10	Min:10,max:11	Min:1,max:10	# Puesto de trabajo	Min:1,max:10	Min:1,max:10	Min:1,max:10	Min:1,max:10
20 MW	5	4	8	8	0 98	8	4	4	7	900000	3	5	8	7
50 MW	6	8	5	8	0 96	4	4	5	8	782000	3	7	9	8
100 MW	8	9	5	9	0 87	4	4	6	8	700000	3	7	7	9
333 MW	9	7	7	6	0 85	5	4	9	6	540000	3	4	5	7
Construcción de la Matriz de Decisión														
Peso (W)	0 046	0 118	0 045	0 084	0 083	0 131	0 062	0 039	0 098	0 112	0 030	0 029	0 029	0 093
	CRD	GEO	EFS	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
20 MW	5	4	8	8	0 98	8	4	4	7	900000	3	5	8	7
50 MW	6	8	5	8	0 96	4	4	5	8	782000	3	7	9	8
100 MW	8	9	5	9	0 87	4	4	6	8	700000	3	7	7	9
333 MW	9	7	7	6	0 85	5	4	9	6	540000	3	4	5	7
Normalización de la Matriz de Decisión														
	max	max	min	max	min	min	max	min	max	max	max	max	max	max
Peso (W)	0 046	0 118	0 045	0 084	0 083	0 131	0 062	0 039	0 098	0 112	0 030	0 029	0 029	0 093
	CRD	GEO	EFS	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
A1	0 348	0 276	0 627	0 511	0 535	0 727	0 500	0 318	0 480	0 606	0 500	0 424	0 541	0 449
A2	0 418	0 552	0 392	0 511	0 524	0 364	0 500	0 398	0 548	0 527	0 500	0 594	0 608	0 513
A3	0 557	0 621	0 392	0 575	0 475	0 364	0 500	0 477	0 548	0 472	0 500	0 594	0 473	0 577
A4	0 627	0 483	0 548	0 383	0 464	0 455	0 500	0 716	0 411	0 364	0 500	0 339	0 338	0 449
Ponderación de la Matriz de Decisión														
A1	0 016	0 033	0 028	0 043	0 044	0 095	0 031	0 012	0 047	0 068	0 015	0 012	0 016	0 042
A2	0 019	0 065	0 018	0 043	0 043	0 048	0 031	0 016	0 053	0 059	0 015	0 017	0 017	0 048
A3	0 026	0 073	0 018	0 048	0 039	0 048	0 031	0 019	0 053	0 053	0 015	0 017	0 014	0 054
A4	0 029	0 057	0 025	0 032	0 038	0 060	0 031	0 028	0 040	0 041	0 015	0 010	0 010	0 042
Determinar la Solución Ideal Positiva Pis y la Solución ideal Negativa Nis														
A+	0 029	0 073	0 018	0 048	0 038	0 048	0 031	0 012	0 053	0 068	0 015	0 017	0 017	0 054
A-	0 016	0 033	0 028	0 032	0 044	0 095	0 031	0 028	0 040	0 041	0 015	0 010	0 010	0 042

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DEL RANKING DE LAS ALTERNATIVAS CON TOPSIS EXPERTO 3														
Valorización de las Alternativas														
	CT Técnicos				CE Económicos			CM Medioambientales		CS Sociales				
	CRD	GEO	EFS	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
	Min:1,max:10	Min:1,max:10	W/año	Min:1,max:10	€/Wp	Min:10,max:1	Min:1,max:10	Min:10,max:11	Min:1,max:10	# Puesto de trabajo	Min:1,max:10	Min:1,max:10	Min:1,max:10	Min:1,max:10
20 MW	9	9	10	6	0.98	4	3	10	9	900000	6	7	8	9
50 MW	9	9	9	6	0.96	6	5	9	8	782000	6	8	8	9
100 MW	7	8	8	7	0.87	8	7	7	6	700000	6	9	9	7
333 MW	6	5	7	9	0.85	9	9	4	4	540000	6	10	10	4
Construcción de la Matriz de Decisión														
Peso (W)	0.063	0.146	0.013	0.025	0.180	0.039	0.027	0.135	0.108	0.063	0.024	0.011	0.051	0.014
	CRD	GEO	EFS	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
20 MW	9	9	10	6	0.98	4	3	10	9	900000	6	7	8	9
50 MW	9	9	9	6	0.96	6	5	9	8	782000	6	8	8	9
100 MW	7	8	8	7	0.87	8	7	7	6	700000	6	9	9	7
333 MW	6	5	7	9	0.85	9	9	4	4	540000	6	10	10	4
Normalización de la Matriz de Decisión														
	max	max	min	max	min	min	max	min	max	max	max	max	max	max
Peso (W)	0.063	0.146	0.013	0.025	0.180	0.039	0.027	0.135	0.108	0.063	0.024	0.011	0.051	0.014
	CRD	GEO	EFS	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
A1	0.573	0.568	0.583	0.422	0.535	0.285	0.234	0.638	0.641	0.606	0.500	0.408	0.455	0.597
A2	0.573	0.568	0.525	0.422	0.524	0.427	0.390	0.574	0.570	0.527	0.500	0.467	0.455	0.597
A3	0.445	0.505	0.467	0.493	0.475	0.570	0.547	0.446	0.427	0.472	0.500	0.525	0.512	0.465
A4	0.382	0.316	0.408	0.633	0.464	0.641	0.703	0.255	0.285	0.364	0.500	0.583	0.569	0.265
Ponderación de la Matriz de Decisión														
A1	0.036	0.083	0.007	0.011	0.096	0.011	0.006	0.086	0.069	0.038	0.012	0.005	0.023	0.008
A2	0.036	0.083	0.007	0.011	0.094	0.017	0.011	0.077	0.062	0.033	0.012	0.005	0.023	0.008
A3	0.028	0.074	0.006	0.012	0.086	0.022	0.015	0.060	0.046	0.030	0.012	0.006	0.026	0.007
A4	0.024	0.046	0.005	0.016	0.084	0.025	0.019	0.034	0.031	0.023	0.012	0.007	0.029	0.004
Determinar la Solución Ideal Positiva Pis y la Solución ideal Negativa Nis														
A+	0.036	0.083	0.005	0.016	0.084	0.011	0.019	0.034	0.069	0.038	0.012	0.007	0.029	0.008
A-	0.024	0.046	0.007	0.011	0.096	0.025	0.006	0.086	0.031	0.023	0.012	0.005	0.023	0.004

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DEL RANKING DE LAS ALTERNATIVAS CON TOPSIS EXPERTO 4

Valorización de las Alternativas

	CT Técnicos				CE Económicos			CM Medioambientales		CS Sociales				
	CRD	GEO	EFS	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
	Min:1,max:10	Min:1,max:10	W/año	Min:1,max:10	€/Wp	Min:10,max:1	Min:1,max:10	Min:10,max:11	Min:1,max:10	# Puesto de trabajo	Min:1,max:10	Min:1,max:10	Min:1,max:10	Min:1,max:10
20 MW	7	5	8	8	0 98	4	5	8	5	900000	5	3	3	8
50 MW	7	4	8	8	0 96	4	5	8	5	782000	5	3	3	8
100 MW	6	2	9	9	0 87	4	5	9	5	700000	5	2	2	9
333 MW	5	1	10	10	0 85	4	5	10	5	540000	5	1	1	10

Construcción de la Matriz de Decisión

Peso (W)	0 040	0 171	0 003	0 013	0 132	0 040	0 033	0 034	0 023	0 236	0 011	0 209	0 045	0 009
	CRD	GEO	EFS	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
20 MW	7	5	8	8	0 98	4	5	8	5	900000	5	3	3	8
50 MW	7	4	8	8	0 96	4	5	8	5	782000	5	3	3	8
100 MW	6	2	9	9	0 87	4	5	9	5	700000	5	2	2	9
333 MW	5	1	10	10	0 85	4	5	10	5	540000	5	1	1	10

Normalización de la Matriz de Decisión

	max	max	min	max	min	min	max	min	max	max	max	max	max	max
Peso (W)	0 040	0 171	0 003	0 013	0 132	0 040	0 033	0 034	0 023	0 236	0 011	0 209	0 045	0 009
	CRD	GEO	EFS	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
A1	0 555	0 737	0 455	0 455	0 535	0 500	0 500	0 455	0 500	0 606	0 500	0 626	0 626	0 455
A2	0 555	0 590	0 455	0 455	0 524	0 500	0 500	0 455	0 500	0 527	0 500	0 626	0 626	0 455
A3	0 476	0 295	0 512	0 512	0 475	0 500	0 500	0 512	0 500	0 472	0 500	0 417	0 417	0 512
A4	0 397	0 147	0 569	0 569	0 464	0 500	0 500	0 569	0 500	0 364	0 500	0 209	0 209	0 569

Ponderación de la Matriz de Decisión

A1	0 022	0 126	0 002	0 006	0 071	0 020	0 016	0 016	0 012	0 143	0 005	0 131	0 028	0 004
A2	0 022	0 101	0 002	0 006	0 069	0 020	0 016	0 016	0 012	0 125	0 005	0 131	0 028	0 004
A3	0 019	0 051	0 002	0 006	0 063	0 020	0 016	0 018	0 012	0 111	0 005	0 087	0 019	0 005
A4	0 016	0 025	0 002	0 007	0 061	0 020	0 016	0 019	0 012	0 086	0 005	0 044	0 009	0 005

Determinar la Solución Ideal Positiva Pis y la Solución ideal Negativa Nis

A+	0 022	0 126	0 002	0 007	0 061	0 020	0 016	0 016	0 012	0 143	0 005	0 131	0 028	0 005
A-	0 016	0 025	0 002	0 006	0 071	0 020	0 016	0 019	0 012	0 086	0 005	0 044	0 009	0 004

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DEL RANKING DE LAS ALTERNATIVAS CON TOPSIS EXPERTO 5

Valorización de las Alternativas

	CT Técnicos				CE Económicos			CM Medioambientales		CS Sociales				
	CRD	GEO	EFS	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
	Min:1,max:10	Min:1,max:10	W/año	Min:1,max:10	€/Wp	Min:10,max:1	Min:1,max:10	Min:10,max:11	Min:1,max:10	# Puesto de trabajo	Min:1,max:10	Min:1,max:10	Min:1,max:10	Min:1,max:10
20 MW	7	5	8	5	0 98	5	8	2	3	900000	5	3	7	5
50 MW	8	5	8	5	0 96	6	6	4	5	782000	5	4	7	5
100 MW	9	6	8	5	0 87	8	6	6	6	700000	5	7	5	6
333 MW	10	6	9	6	0 85	10	8	8	8	540000	5	9	3	7

Construcción de la Matriz de Decisión

Peso (W)	0 071	0 179	0 048	0 020	0 084	0 043	0 087	0 125	0 111	0 008	0 163	0 016	0 007	0 038
	CRD	GEO	EFS	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
20 MW	7	5	8	5	0 98	5	8	2	3	900000	5	3	7	5
50 MW	8	5	8	5	0 96	6	6	4	5	782000	5	4	7	5
100 MW	9	6	8	5	0 87	8	6	6	6	700000	5	7	5	6
333 MW	10	6	9	6	0 85	10	8	8	8	540000	5	9	3	7

Normalización de la Matriz de Decisión

	max	max	min	max	min	min	max	min	max	max	max	max	max	max
Peso (W)	0 071	0 179	0 048	0 020	0 084	0 043	0 087	0 125	0 111	0 008	0 163	0 016	0 007	0 038
	CRD	GEO	EFS	FUS	CE	BE	IRE	IFT	VM	EG	MN	PSP	VSE	SSE
A1	0 408	0 453	0 484	0 475	0 535	0 333	0 566	0 183	0 259	0 606	0 500	0 241	0 609	0 430
A2	0 467	0 453	0 484	0 475	0 524	0 400	0 424	0 365	0 432	0 527	0 500	0 321	0 609	0 430
A3	0 525	0 543	0 484	0 475	0 475	0 533	0 424	0 548	0 518	0 472	0 500	0 562	0 435	0 516
A4	0 583	0 543	0 545	0 569	0 464	0 667	0 566	0 730	0 691	0 364	0 500	0 723	0 261	0 602

Ponderación de la Matriz de Decisión

A1	0 029	0 081	0 023	0 009	0 045	0 014	0 049	0 023	0 029	0 005	0 081	0 004	0 004	0 016
A2	0 033	0 081	0 023	0 009	0 044	0 017	0 037	0 045	0 048	0 004	0 081	0 005	0 004	0 016
A3	0 037	0 097	0 023	0 009	0 040	0 023	0 037	0 068	0 057	0 004	0 081	0 009	0 003	0 020
A4	0 041	0 097	0 026	0 011	0 039	0 028	0 049	0 091	0 076	0 003	0 081	0 012	0 002	0 023

Determinar la Solución Ideal Positiva Pis y la Solución ideal Negativa Nis

A+	0 041	0 097	0 023	0 011	0 039	0 014	0 049	0 023	0 076	0 005	0 081	0 012	0 004	0 023
A-	0 029	0 081	0 026	0 009	0 045	0 028	0 037	0 091	0 029	0 003	0 081	0 004	0 002	0 016

Resultados del Ranking de las Alternativas Sistema de Generación Distribuida gran escala					
Medidas de la Distancia					
	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5
d+A1	0.009	0.067	0.055	0.010	0.053
d+A2	0.021	0.018	0.047	0.033	0.044
d+A3	0.048	0.017	0.040	0.094	0.052
d+A4	0.063	0.046	0.059	0.147	0.070
d-A1	0.062	0.034	0.059	0.147	0.071
d-A2	0.052	0.066	0.052	0.124	0.051
d-A3	0.023	0.071	0.044	0.058	0.042
d-A4	0.007	0.046	0.055	0.010	0.055
Proximidad Relativa					
RA1	0.877	0.339	0.514	0.939	0.571
RA2	0.713	0.783	0.526	0.792	0.536
RA3	0.325	0.806	0.525	0.382	0.448
RA4	0.105	0.497	0.486	0.061	0.439
Ordenación de Preferencias					
ORDEN	A1 >A2 >A3 >A4	A3 >A2>A4 >A1	A2>A3>A1>A4	A1 >A2>A3>A4	A1 >A2>A3>A4

Capítulo 5. Tabla de Cálculos-Identificación de los Riesgos-Caso de Estudio, Santo Domingo, República Dominicana

CÁLCULOS DEL PESO DE LOS CRITERIOS QUE DETERMINAN LOS RIESGOS			
C1. Técnico	C2. Financiero	Media geométrica	Pesos
1	1	0	0.500
1	1	0	0.500

Cálculo de la media geométrica, Pesos, λ máx., IC, RC de la comparación binaria de los Riesgos										
n	1	2	3	4	5	6				
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.25				
C1	R2	R4	R6	R8	Media geométrica	Pesos				
R2	1	7	5	7	3.956	0.631	2.740	$\lambda_{\max}$	4.207	
R4	1/7	1	1/5	1	0.411	0.066	0.269	CI	0.069	
R6	1/5	5	1	5	1.495	0.238	1.020	CR	0.077	<0.1
R8	1/7	1	1/5	1	0.411	0.066	0.269			
					6.274	1.000				
C2	R1	R3	R5	R7	R9	Media geométrica	Pesos			
R1	1	1	1/3	1/5	1/3	0.467	0.069	0.831	$\lambda_{\max}$	11.019
R3	1	1	1/3	1/7	1/2	0.474	0.070	0.968	CI	1.505
R5	3	3	1	1/5	1/3	0.903	0.133	1.198	CR	1.344
R7	5	7	5	1	3	3.500	0.517	5.228		
R9	3	2	3	1/3	1	1.431	0.211	2.130		
						6.774	1.000

Matriz de Decisión de los Riesgos identificados con AHP					
	C1. Técnicos	C2. Financieros			
	0.500	0.500	Resultados	Ranking	Riesgos Identificados
R1		0.069	0.034	7	Alto Pay Back
R2	0.631		0.315	1	Perdidas por Sombras
R3		0.070	0.035	6	Costo de Mantenimiento
R4	0.066		0.033	9	Daños por fenómenos atmosféricos
R5		0.133	0.067	5	Variabilidad en el VAN
R6	0.238		0.119	3	Falta de Mantenimiento
R7		0.517	0.258	2	Cambios en el Marco Jurídico
R8	0.066		0.033	8	Falta de Suministro y Reemplazos
R9		0.211	0.106	4	Falta de Financiación

Ranking de los Riesgos con AHP		
Resultado 0.500	Riesgos Técnicos	Ranking
0.315	R2: Perdidas por Sombras	1
0.033	R4: Daños por Fenómenos Atmosféricos	4
0.119	R6: Falta de Mantenimiento	2
0.033	R8: Falta de Suministros y Reemplazos	3
Orden: R2>R6>R8>R4		
Resultado 0.500	Riesgos Financieros	Ranking
0.034	R1: Alto Pay Back	4
0.035	R3: Costes de Mantenimiento	5
0.067	R5: Variabilidad del VAN	3
0.258	R7: Cambios en el Marco Legislativo	1
0.106	R9: Falta de Financiación	2
Orden: R7>R9>R5>R1>R3

Gráfico Comparativo de la Prioridad de los Riesgos Identificados con AHP

Resultados del Histograma del Análisis de Sensibilidad con Expert Choice					
AHP	Técnica / Financiero	Técnica / Financiero	Técnica / Financiero	Técnica / Financiero	Técnica / Financiero
Criterio de Cambio Porcentual	75/25 %	70/30 %	50/50 %	30/70 %	25/75 %
R2: Perdidas por Sombras	48.00%	44.70%	32.00%	19.20%	16.00%
R4: Daños por Fenómenos Naturales	4.70%	4.40%	3.10%	1.90%	1.60%
R6: Falta de mantenimiento	17.60%	16.40%	11.80%	7.10%	5.90%
R8: Falta de Reemplazos y Suministros	4.70%	4.40%	3.10%	1.90%	1.60%
R1: Alto Pay Back	1.70%	2.00%	3.40%	4.70%	5.10%
R3: Costos de Mantenimiento	1.70%	2.10%	3.50%	4.80%	5.20%
R5: Variabilidad del VAN	3.40%	4.10%	6.90%	9.60%	10.30%
R7: Cambios en el marco legislativos	12.70%	15.30%	25.40%	35.50%	38.10%
R9: Falta de Financiación	5.40%	6.50%	10.90%	15.20%	16.30%

Capítulo 5. Tabla de Cálculos-Identificación de los Riesgos-Caso de Estudio Región de Murcia, España

CÁLCULOS DEL PESO DE LOS CRITERIOS QUE DETERMINAN LOS RIESGOS			
C1. Técnico	C2. Financiero	Media geométrica	Pesos
1	1	0	0.500
1	1	0	0.500

Cálculo de la media geométrica, Pesos, λ máx., IC, RC de la comparación binaria de los Riesgos										
n	1	2	3	4	5	6				
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.25				
C1	R2	R4	R6	R8	Media geométrica	Pesos				
R2	1	5	1/3	3	1.495	0.266	1.094	$\lambda_{\max}$	4.082	
R4	1/5	1	1/7	1	0.411	0.073	0.298	CI	0.027	
R6	3	7	1	5	3.201	0.570	2.334	CR	0.030	<0.1
R8	1/3	1	1/5	1	0.508	0.090	0.366			
					5.616	1.000				
C2	R1	R3	R5	R7	R9	Media geométrica	Pesos			
R1	1	5	1/3	1/7	1/3	0.602	0.074	0.823	$\lambda_{\max}$	16.658
R3	1/5	1	1/5	1/9	1/3	0.272	0.033	0.585	CI	2.915
R5	3	5	1	1/5	3	1.552	0.191	3.799	CR	2.602
R7	7	9	5	1	9	4.904	0.603	11.475		
R9	3	3	1/3	1/9	1	0.803	0.099	1.552		
						8.132	1.000

Matriz de Decisión de los Riesgos identificados con AHP					
	C1. Técnicos	C2. Financieros			
	0.500	0.500	Resultados	Ranking	Alternativas
R1		0.074	0.074	7	Alto Pay Back
R2	0.266		0.000	3	Perdidas por Sombras
R3		0.033	0.033	9	Costo de Mantenimiento
R4	0.073		0.000	8	Daños por fenómenos atmosféricos
R5		0.191	0.191	4	Variabilidad en el VAN
R6	0.570		0.000	2	Falta de Mantenimiento
R7		0.603	0.603	1	Cambios en el Marco Jurídico
R8	0.090		0.000	6	Falta de Suministro y Reemplazos
R9		0.099	0.099	5	Falta de Financiación

Ranking de los Riesgos con AHP		
Resultado 0.500	Riesgos Técnicos	Ranking
0.133	R2: Perdidas por Sombras	2
0.037	R4: Daños por Fenómenos Atmosféricos	4
0.285	R6: Falta de Mantenimiento	1
0.045	R8: Falta de Suministros y Reemplazos	3
Orden: R6>R2>R8>R4		
Resultado 0.500	Riesgos Financieros	Ranking
0.037	R1: Alto Pay Back	4
0.017	R3: Costes de Mantenimiento	5
0.095	R5: Variabilidad del VAN	2
0.301	R7: Cambios en el Marco Legislativo	1
0.049	R9: Falta de Financiación	3
Orden: R7>R5>R9>R1>R3

Gráfico Comparativo de la Prioridad de los Riesgos Identificados con AHP

Resultados del Histograma del Análisis de Sensibilidad con Expert Choice					
AHP	Técnica / Financiero	Técnica / Financiero	Técnica / Financiero	Técnica / Financiero	Técnica / Financiero
Criterio de Cambio Porcentual	75/25 %	70/30 %	50/50 %	30/70 %	25/75 %
R2: Perdidas por Sombras	48.00%	44.70%	32.00%	19.20%	16.00%
R4: Daños por Fenómenos Naturales	4.70%	4.40%	3.10%	1.90%	1.60%
R6: Falta de mantenimiento	17.60%	16.40%	11.80%	7.10%	5.90%
R8: Falta de Reemplazos y Suministros	4.70%	4.40%	3.10%	1.90%	1.60%
R1: Alto Pay Back	1.70%	2.00%	3.40%	4.70%	5.10%
R3: Costos de Mantenimiento	1.70%	2.10%	3.50%	4.80%	5.20%
R5: Variabilidad del VAN	3.40%	4.10%	6.90%	9.60%	10.30%
R7: Cambios en el marco legislativos	12.70%	15.30%	25.40%	35.50%	38.10%
R9: Falta de Financiación	5.40%	6.50%	10.90%	15.20%	16.30%

Capítulo 5. Tabla de Cálculos-Análisis Cualitativo de los Riesgos

Tabla de Cálculos de la Matriz de Probabilidad e Impacto de los Riesgos por Expertos							
Riesgos	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5	Resultado Final	
R1: Alto Pay Back	0.3*0.8	0.5*0.4	0.5*0.4	0.3*0.8	0.3*0.8	0.22	Prioridad Alta
R2: Perdidas por Sombras	0.5*0.05	0.3*0.2	0.3*0.1	0.3*0.4	0.5*0.2	0.06	Prioridad Media
R3: Costos de Mantenimiento	0.7*0.2	0.1*0.4	0.5*0.1	0.5*0.4	0.3*0.05	0.06	Prioridad Media
R4: Daños por Fenómenos Naturales	0.9*0.4	0.5*0.8	0.3*0.05	0.7*0.4	0.7*0.4	0.18	Prioridad Alta
R5: Variabilidad del VAN	0.3*0.2	0.7*0.4	0.5*0.2	0.5*0.4	0.3*0.2	0.12	Prioridad Media
R6: Falta de Mantenimiento	0.1*0.2	0.1*0.4	0.7*0.8	0.1*0.4	0.3*0.1	0.06	Prioridad Media
R7: Cambios en el marco legislativo	0.7*0.4	0.9*0.8	0.5*0.8	0.5*0.4	0.7*0.8	0.39	Prioridad Alta
R8: Falta de Reemplazos y Suministros	0.1*0.1	0.1*0.8	0.1*0.4	0.1*0.4	0.3*0.4	0.04	Prioridad Baja
R9: Falta de Financiación	0.7*0.4	0.5*0.8	0.9*0.8	0.5*0.4	0.3*0.4	0.29	Prioridad Alta

Capítulo 5. Tabla de Cálculos-Análisis Cualitativo de los Riesgos-Altos Riesgos

Cálculo de la media geométrica, Pesos, λ máx., IC, RC de la comparación binaria de los Criterios y Riesgos Experto 1									
Experto 1	C1	C2	C3	C4	Media geométrica	Pesos		λ max	
C1	1	1/9	1/7	6	0.556	0.073	0.348	4.956	
C2	9	1	9	9	5.196	0.684	3.524	CI	
C3	7	1/9	1	9	1.627	0.214	1.055	0.319	
C4	1/6	1/9	1/9	1	0.213	0.028	0.140	CR	
					7.591	1.000		0.354	<0.1
n	1	2	3	4					
RI	0	0	0.58	0.90					
C1	R1	R4	R7	R9	Media geométrica	Pesos			
R1	1	1/9	1	1/9	0.333	0.063	0.333	λ max	5.333
R4	9	1	1	1/9	1.000	0.188	1.000	CI	0.444
R7	1	1	1	1	1.000	0.188	1.000	CR	0.494
R9	9	9	1	1	3.000	0.563	3.000		
					5.333	1.000			
C2	R1	R4	R7	R9					
R1	1	1/9	1/9	1	0.333	0.059	0.636	λ max	7.960
R4	9	1	1/9	1/9	0.577	0.102	0.727	CI	1.320
R7	9	9	1	1/9	1.732	0.307	1.819	CR	1.467
R9	1	9	9	1	3.000	0.532	4.274		
					5.643	1.000			
C3	R1	R4	R7	R9					
R1	1	1	1/9	1	0.577	0.102	0.727	λ max	6.182
R4	1	1	1/9	1/9	0.333	0.059	0.255	CI	0.727
R7	9	9	1	1/9	1.732	0.307	1.819	CR	0.808
R9	1	9	9	1	3.000	0.532	3.928		
					5.643	1.000			
C4	R1	R4	R7	R9					
R1	1	1/9	1/9	1/9	0.192	0.032	0.140	λ max	4.643
R4	9	1	1	1	1.732	0.292	1.260	CI	0.214
R7	9	1	1	1/9	1.000	0.169	0.810	CR	0.238
R9	9	1	9	1	3.000	0.506	2.610		
					5.925	1.000

Cálculo de la media geométrica, Pesos, λ máx., IC, RC de la comparación binaria de los Criterios y Riesgos Experto 2									
Experto 2	C1	C2	C3	C4	Media geométrica	Pesos		λ_{max}	
C1	1	1/5	1/3	1/3	0.386	0.075	0.345	4.537	
C2	5	1	4	1/4	1.495	0.289	1.299	CI	
C3	3	1/4	1	1/4	0.658	0.127	0.551	0.179	
C4	3	4	4	1	2.632	0.509	2.398	CR	
					5.172	1.000		0.199	<0.1
n	1	2	3	4					
RI	0	0	0.58	0.90					
C1	R1	R4	R7	R9	Media geométrica	Pesos			
R1	1	3	1/5	2	1.047	0.235	1.173	λ_{max}	4.680
R4	1/3	1	1	2	0.904	0.203	0.964	CI	0.227
R7	5	1	1	3	1.968	0.442	2.181	CR	0.252
R9	1/2	1/2	1/3	1	0.537	0.121	0.487		
					4.456	1.000			
C2	R1	R4	R7	R9					
R1	1	1	1/3	3	1.000	0.217	0.892	λ_{max}	4.117
R4	1	1	1/2	3	1.107	0.240	0.967	CI	0.039
R7	3	2	1	3	2.060	0.447	1.865	CR	0.043
R9	1/3	1/3	1/3	1	0.439	0.095	0.397		
					4.605	1.000			
C3	R1	R4	R7	R9					
R1	1	1/3	1/3	1	0.577	0.125	0.500	λ_{max}	4.000
R4	3	1	1	3	1.732	0.375	1.500	CI	0.000
R7	3	1	1	3	1.732	0.375	1.500	CR	0.000
R9	1	1/3	1/3	1	0.577	0.125	0.500		
					4.619	1.000			
C4	R1	R4	R7	R9					
R1	1	1/5	1/5	1	0.447	0.089	0.373	λ_{max}	4.177
R4	5	1	1/3	2	1.351	0.269	1.139	CI	0.059
R7	5	3	1	3	2.590	0.515	2.148	CR	0.066
R9	1	1/2	1/3	1	0.639	0.127	0.522		
					5.027	1.000

Cálculo de la media geométrica, Pesos, λ máx., IC, RC de la comparación binaria de los Criterios y Riesgos Experto 3									
Experto 3	C1	C2	C3	C4	Media geométrica	Pesos		λ max	
C1	1	1/3	4	1/6	0.687	0.181	0.728	4.024	
C2	3	1	3	1	1.732	0.457	1.537	CI	
C3	1/4	1/3	1	1/7	0.330	0.087	0.324	0.008	
C4	1/6	1	7	1	1.039	0.274	1.372	CR	
					3.788	1.000		0.009	<0.1
n	1	2	3	4					
RI	0	0	0.58	0.90					
C1	R1	R4	R7	R9	Media geométrica	Pesos			
R1	1	6	1/4	1/6	0.707	0.113	0.519	λ max	4.668
R4	1/6	1	1/8	1/8	0.226	0.036	0.161	CI	0.223
R7	4	8	1	5	3.557	0.569	2.719	CR	0.247
R9	6	8	1/5	1	1.760	0.282	1.363		
					6.250	1.000			
C2	R1	R4	R7	R9					
R1	1	4	1/5	1/5	0.632	0.106	0.455	λ max	4.265
R4	1/4	1	1/8	1/6	0.269	0.045	0.190	CI	0.088
R7	5	8	1	3	3.310	0.553	2.330	CR	0.098
R9	5	6	1/3	1	1.778	0.297	1.278		
					5.989	1.000			
C3	R1	R4	R7	R9					
R1	1	3	1/5	1/5	0.589	0.100	0.434	λ max	4.432
R4	1/3	1	1/6	1/5	0.325	0.055	0.237	CI	0.144
R7	5	6	1	5	3.500	0.592	2.686	CR	0.160
R9	5	5	1/5	1	1.495	0.253	1.144		
					5.908	1.000			
C4	R1	R4	R7	R9					
R1	1	6	1/7	1/6	0.615	0.100	0.486	λ max	4.564
R4	1/6	1	1/7	1/5	0.263	0.043	0.198	CI	0.188
R7	7	7	1	3	3.482	0.567	2.437	CR	0.209
R9	6	5	1/3	1	1.778	0.290	1.294		
					6.138	1.000

Cálculo de la media geométrica, Pesos, λ máx., IC, RC de la comparación binaria de los Criterios y Riesgos Experto 4									
Experto 4	C1	C2	C3	C4	Media geométrica	Pesos		λ max	
C1	1	1/3	1/3	1/5	0.386	0.083	0.332	4.115	
C2	3	1	1	1	1.316	0.282	1.165	CI	
C3	3	1	1	1/3	1.000	0.214	0.884	0.038	
C4	5	1	3	1	1.968	0.421	1.759	CR	
					4.670	1.000		0.042	<0.1
n	1	2	3	4					
RI	0	0	0.58	0.90					
C1	R1	R4	R7	R9	R9	Pesos			
R1	1	3	1	1/2	1.107	0.260	1.287	λ max	4.541
R4	1/3	1	3	1	1.000	0.235	1.098	CI	0.180
R7	1	1/3	1	1/3	0.577	0.136	0.598	CR	0.200
R9	2	1	3	1	1.565	0.368	1.532		
					4.249	1.000			
C2	R1	R4	R7	R9	R9				
R1	1	1/2	1	1/2	0.707	0.157	0.645	λ max	4.060
R4	2	1	4	2	2.000	0.445	1.819	CI	0.020
R7	1	1/4	1	1/2	0.595	0.132	0.534	CR	0.022
R9	2	1/2	2	1	1.189	0.265	1.067		
					4.491	1.000			
C3	R1	R4	R7	R9	R9				
R1	1	4	8	7	3.869	0.597	2.610	λ max	4.224
R4	1/4	1	7	7	1.871	0.289	1.241	CI	0.075
R7	1/8	1/7	1	1	0.366	0.056	0.231	CR	0.083
R9	1/7	1/7	1	1	0.378	0.058	0.241		
					6.483	1.000			
C4	R1	R4	R7	R9	R9				
R1	1	1/5	1	1	0.669	0.127	0.533	λ max	4.172
R4	5	1	6	3	3.080	0.584	2.343	CI	0.057
R7	1	1/6	1	1/4	0.452	0.086	0.361	CR	0.064
R9	1	1/3	4	1	1.075	0.204	0.868		
					5.275	1.000

Cálculo de la media geométrica, Pesos, λ máx., IC, RC de la comparación binaria de los Criterios y Riesgos Experto 5									
Experto 5	C1	C2	C3	C4	Media geométrica	Pesos		λ_{max}	
C1	1	1/5	1/3	1/3	0.386	0.075	0.345	4.537	
C2	5	1	4	1/4	1.495	0.289	1.299	CI	
C3	3	1/4	1	1/4	0.658	0.127	0.551	0.179	
C4	3	4	4	1	2.632	0.509	2.398	CR	
					5.172	1.000		0.199	<0.1
n	1	2	3	4					
RI	0	0	0.58	0.90					
C1	R1	R4	R7	R9	Media geométrica	Pesos			
R1	1	3	1/5	2	1.047	0.235	1.173	λ_{max}	4.680
R4	1/3	1	1	2	0.904	0.203	0.964	CI	0.227
R7	5	1	1	3	1.968	0.442	2.181	CR	0.252
R9	1/2	1/2	1/3	1	0.537	0.121	0.487		
					4.456	1.000			
C2	R1	R4	R7	R9					
R1	1	1	1/3	3	1.000	0.217	0.892	λ_{max}	4.117
R4	1	1	1/2	3	1.107	0.240	0.967	CI	0.039
R7	3	2	1	3	2.060	0.447	1.865	CR	0.043
R9	1/3	1/3	1/3	1	0.439	0.095	0.397		
					4.605	1.000			
C3	R1	R4	R7	R9					
R1	1	1/3	1/3	1	0.577	0.125	0.500	λ_{max}	4.000
R4	3	1	1	3	1.732	0.375	1.500	CI	0.000
R7	3	1	1	3	1.732	0.375	1.500	CR	0.000
R9	1	1/3	1/3	1	0.577	0.125	0.500		
					4.619	1.000			
C4	R1	R4	R7	R9					
R1	1	1/5	1/5	1	0.447	0.089	0.373	λ_{max}	4.177
R4	5	1	1/3	2	1.351	0.269	1.139	CI	0.059
R7	5	3	1	3	2.590	0.515	2.148	CR	0.066
R9	1	1/2	1/3	1	0.639	0.127	0.522		
					5.027	1.000

Cálculo de la media geométrica, Pesos, λ máx., IC, RC de la comparación binaria de los Criterios y Riesgos Manera Agregada									
Manera Agregada	C1	C2	C3	C4	Media geométrica	Pesos		λ max	
C1	1	0.218	0.463	0.467	0.466	0.106	0.414	4.042	
C2	4.58	1	3.37	0.891	1.926	0.439	1.753	CI	
C3	2.16	0.297	1	0.485	0.747	0.170	0.668	0.014	
C4	1.05	1.12	2.06	1	1.247	0.284	1.239	CR	
					4.386	1.000		0.016	<0.1
n	1	2	3	4					
RI	0	0	0.58	0.90					
C1	R1	R4	R7	R9	Media geométrica	Pesos			
R1	1	1.78	0.398	0.517	0.778	0.186	0.779	λ max	4.195
R4	0.561	1	0.8218759	0.561	0.713	0.170	0.730	CI	0.065
R7	2.51	1.22	1	1.72	1.514	0.361	1.521	CR	0.072
R9	1.93	1.78	0.582	1	1.190	0.284	1.155		
					4.195	1.000			
C2	R1	R4	R7	R9					
R1	1	0.740	0.301	0.979	0.683	0.161	0.664	λ max	4.112
R4	1.35	1	0.4251415	0.803	0.824	0.194	0.778	CI	0.037
R7	3.32	2.35	1	1.08	1.706	0.401	1.656	CR	0.041
R9	1.02	1.25	0.922	1	1.041	0.245	1.020		
					4.254	1.000			
C3	R1	R4	R7	R9					
R1	1	1.059	0.456	1.070	0.848	0.207	0.835	λ max	4.031
R4	0.944	1	0.665	1.07	0.905	0.220	0.884	CI	0.010
R7	2.19	1.50	1	1.3797297	1.461	0.356	1.440	CR	0.012
R9	0.935	0.935	0.725	1	0.892	0.217	0.874		
					4.106	1.000			
C4	R1	R4	R7	R9					
R1	1	0.351	0.229	0.450	0.436	0.082	0.369	λ max	4.635
R4	2.848	1	0.625	1.19	1.207	0.226	1.018	CI	0.212
R7	4.36	3	1	3	2.503	0.469	2.172	CR	0.235
R9	2.221	0.839	1.059	1	1.185	0.222	1.091		
					5.331	1.000

Matriz de Decisión de los Riesgos de Altos Riesgos con AHP						
	C1	C2	C3	C4		
	0.150	0.332	0.178	0.340		
R1	0.134	0.126	0.182	0.082		
R4	0.189	0.215	0.217	0.219		
R7	0.381	0.418	0.365	0.396		
R9	0.297	0.241	0.236	0.303		
	Ponderación de las Alternativas				Resultados	Ranking
R1	0.020	0.042	0.032	0.028	0.120	4
R4	0.028	0.071	0.039	0.075	0.211	3
R7	0.057	0.139	0.065	0.135	0.392	1
R9	0.044	0.080	0.042	0.103	0.277	2

Capítulo 5. Tabla de Cálculos-Análisis Cualitativo de los Riesgos-Riesgos Moderados

Cálculo de la media geométrica, Pesos, λ máx., IC, RC de la comparación binaria de los Criterios y Riesgos Experto 1									
Experto 1	C1	C2	C3	C4	Media geométrica	Pesos		λ max	
C1	1	1/9	1/9	1	0.333	0.050	0.200	4.000	
C2	9	1	1	9	3.000	0.450	1.800	CI	
C3	9	1	1	9	3.000	0.450	1.800	0.000	
C4	1	1/9	1/9	1	0.333	0.050	0.200	CR	
					6.667	1.000		0.000	<0.1
n	1	2	3	4					
RI	0	0	0.58	0.90					
C1	R2	R3	R5	R6	Media geométrica	Pesos			
R2	1	1/9	1/9	1	0.333	0.047	0.225	λ max	4.643
R3	9	1	1/9	1	1.000	0.141	0.725	CI	0.214
R5	9	9	1	9	5.196	0.731	3.151	CR	0.238
R6	1	1	1/9	1	0.577	0.081	0.350		
					7.107	1.000			
C2	R2	R3	R5	R6					
R2	1	1	1/9	1/9	0.333	0.055	0.307	λ max	6.053
R3	1	1	1	1	1.000	0.165	1.000	CI	0.684
R5	9	1	1	1	1.732	0.286	1.440	CR	0.761
R6	9	1	9	1	3.000	0.495	3.724		
					6.065	1.000			
C3	R2	R3	R5	R6					
R2	1	1	1/9	1	0.577	0.112	0.483	λ max	4.643
R3	1	1	1	1	1.000	0.194	1.000	CI	0.214
R5	9	1	1	9	3.000	0.582	2.792	CR	0.238
R6	1	1	1/9	1	0.577	0.112	0.483		
					5.155	1.000			
C4	R2	R3	R5	R6					
R2	1	1	1/9	1	0.577	0.112	0.483	λ max	4.643
R3	1	1	1	1	1.000	0.194	1.000	CI	0.214
R5	9	1	1	9	3.000	0.582	2.792	CR	0.238
R6	1	1	1/9	1	0.577	0.112	0.483		
					5.155	1.000

Cálculo de la media geométrica, Pesos, λ máx., IC, RC de la comparación binaria de los Criterios y Riesgos Experto 2									
Experto 2	C1	C2	C3	C4	Media geométrica	Pesos		λ max	
C1	1	5	5	5	3.344	0.576	2.697	4.683	
C2	1/5	1	5	5	1.495	0.258	1.206	CI	
C3	1/5	1/5	1	1/5	0.299	0.052	0.241	0.228	
C4	1/5	1/5	5	1	0.669	0.115	0.539	CR	
					5.807	1.000		0.253	<0.1
n	1	2	3	4					
RI	0	0	0.58	0.90					
C1	R2	R3	R5	R6	Media geométrica	Pesos			
R2	1	1	5	1	1.495	0.337	2.348	λ max	5.874
R3	1	1	1/5	1/5	0.447	0.101	0.550	CI	0.625
R5	1/5	5	1	5	1.495	0.337	2.035	CR	0.694
R6	1	5	1/5	1	1.000	0.225	1.134		
					4.438	1.000			
C2	R2	R3	R5	R6					
R2	1	1	5	1	1.495	0.296	1.792	λ max	8.354
R3	1	1	3	5	1.968	0.390	1.862	CI	1.451
R5	9	1/3	1	1/3	1.000	0.198	3.031	CR	1.613
R6	1/5	1/5	3	1	0.589	0.117	0.847		
					5.052	1.000			
C3	R2	R3	R5	R6					
R2	1	1	3	1	1.316	0.296	1.229	λ max	4.177
R3	1	1	5	2	1.778	0.400	1.647	CI	0.059
R5	1/3	1/5	1	1	0.508	0.114	0.482	CR	0.066
R6	1	1/2	1	1	0.841	0.189	0.800		
					4.443	1.000			
C4	R2	R3	R5	R6					
R2	1	1	5	1	1.495	0.328	1.375	λ max	4.177
R3	1	1	3	3	1.732	0.380	1.584	CI	0.059
R5	1/5	1/3	1	1/2	0.427	0.094	0.385	CR	0.066
R6	1	1/3	2	1	0.904	0.198	0.840		
					4.558	1.000

Cálculo de la media geométrica, Pesos, λ máx., IC, RC de la comparación binaria de los Criterios y Riesgos Experto 3									
Experto 3	C1	C2	C3	C4	Media geométrica	Pesos		λ max	
C1	1	1/4	1/3	1/6	0.343	0.060	0.254	4.265	
C2	4	1	3	1/5	1.245	0.216	0.925	CI	
C3	3	1/3	1	1/5	0.669	0.116	0.489	0.088	
C4	6	5	5	1	3.500	0.608	2.628	CR	
					5.756	1.000		0.098	<0.1
n	1	2	3	4					
RI	0	0	0.58	0.90					
C1	R2	R3	R5	R6	Media geométrica	Pesos			
R2	1	5	1/4	1/5	0.707	0.132	0.604	λ max	4.364
R3	1/5	1	1/4	1/5	0.316	0.059	0.263	CI	0.121
R5	4	4	1	1/2	1.682	0.314	1.324	CR	0.135
R6	5	5	2	1	2.659	0.496	2.077		
					5.364	1.000			
C2	R2	R3	R5	R6					
R2	1	3	1/4	1/6	0.595	0.109	0.479	λ max	4.281
R3	1/3	1	1/3	1/5	0.386	0.071	0.305	CI	0.094
R5	4	3	1	1/3	1.414	0.258	1.092	CR	0.104
R6	6	5	3	1	3.080	0.563	2.342		
					5.475	1.000			
C3	R2	R3	R5	R6					
R2	1	4	1/4	1/6	0.639	0.122	0.570	λ max	4.568
R3	1/4	1	1/4	1/3	0.380	0.072	0.347	CI	0.189
R5	4	4	1	1/3	1.520	0.289	1.238	CR	0.210
R6	6	3	3	1	2.711	0.516	2.332		
					5.249	1.000			
C4	R2	R3	R5	R6					
R2	1	4	1/4	1/7	0.615	0.105	0.458	λ max	4.218
R3	1/4	1	1/5	1/7	0.291	0.050	0.214	CI	0.073
R5	4	5	1	1/2	1.778	0.305	1.246	CR	0.081
R6	7	7	2	1	3.146	0.540	2.237		
					5.830	1.000

Cálculo de la media geométrica, Pesos, λ máx., IC, RC de la comparación binaria de los Criterios y Riesgos Experto 4									
Experto 4	C1	C2	C3	C4	Media geométrica	Pesos		λ_{max}	
C1	1	1/3	1/2	1/5	0.427	0.087	0.352	4.034	
C2	3	1	1	1/3	1.000	0.203	0.823	CI	
C3	2	1	1	1/3	0.904	0.184	0.736	0.011	
C4	5	3	3	1	2.590	0.526	2.121	CR	
					4.921	1.000		0.013	<0.1
n	1	2	3	4					
RI	0	0	0.58	0.90					
C1	R2	R3	R5	R6	Media geométrica	Pesos			
R2	1	1	3	1/6	0.841	0.156	0.649	λ_{max}	4.341
R3	1	1	5	1/4	1.057	0.196	0.831	CI	0.114
R5	1/3	1/5	1	1/4	0.359	0.067	0.303	CR	0.126
R6	6	4	4	1	3.130	0.581	2.569		
					5.388	1.000			
C2	R2	R3	R5	R6					
R2	1	1/2	1/2	1/4	0.500	0.100	0.409	λ_{max}	4.060
R3	2	1	1	1/4	0.841	0.168	0.676	CI	0.020
R5	2	1	1	1/4	0.841	0.168	0.676	CR	0.022
R6	4	4	4	1	2.828	0.565	2.306		
					5.010	1.000			
C3	R2	R3	R5	R6					
R2	1	5	7	1/4	1.720	0.275	1.177	λ_{max}	4.200
R3	1/5	1	1	1/7	0.411	0.066	0.267	CI	0.067
R5	1/7	1	1	1/7	0.378	0.060	0.251	CR	0.074
R6	4	7	7	1	3.742	0.599	2.583		
					6.251	1.000			
C4	R2	R3	R5	R6					
R2	1	3	3	1/4	1.225	0.216	0.884	λ_{max}	4.060
R3	1/3	1	1	1/6	0.485	0.086	0.346	CI	0.020
R5	1/3	1	1	1/6	0.485	0.086	0.346	CR	0.022
R6	4	6	6	1	3.464	0.612	2.507		
					5.660	1.000

Cálculo de la media geométrica, Pesos, λ máx., IC, RC de la comparación binaria de los Criterios y Riesgos Experto 5									
Experto 5	C1	C2	C3	C4	Media geométrica	Pesos		λ max	
C1	1	1/5	1/3	1/3	0.386	0.075	0.345	4.537	
C2	5	1	4	1/4	1.495	0.289	1.299	CI	
C3	3	1/4	1	1/4	0.658	0.127	0.551	0.179	
C4	3	4	4	1	2.632	0.509	2.398	CR	
					5.172	1.000		0.199	<0.1
n	1	2	3	4					
RI	0	0	0.58	0.90					
C1	R2	R3	R5	R6	Media geométrica	Pesos			
R2	1	1/4	1/4	1/4	0.354	0.072	0.304	λ max	4.332
R3	4	1	1/2	1/3	0.904	0.185	0.798	CI	0.111
R5	4	2	1	3	2.213	0.453	1.981	CR	0.123
R6	4	3	1/3	1	1.414	0.290	1.285		
					4.885	1.000			
C2	R2	R3	R5	R6					
R2	1	1/2	1/3	1/2	0.537	0.116	0.515	λ max	4.285
R3	2	1	1/2	1/4	0.707	0.152	0.630	CI	0.095
R5	3	2	1	1/3	1.189	0.256	1.066	CR	0.105
R6	2	4	3	1	2.213	0.476	2.084		
					4.647	1.000			
C3	R2	R3	R5	R6					
R2	1	3	3	1	1.732	0.365	1.484	λ max	4.205
R3	1/3	1	3	1/4	0.707	0.149	0.647	CI	0.068
R5	1/3	1/3	1	1/3	0.439	0.093	0.395	CR	0.076
R6	1	4	3	1	1.861	0.393	1.633		
					4.739	1.000			
C4	R2	R3	R5	R6					
R2	1	1/2	1/4	1	0.595	0.120	0.489	λ max	4.060
R3	2	1	1/4	1	0.841	0.169	0.693	CI	0.020
R5	4	4	1	4	2.828	0.569	2.293	CR	0.022
R6	1	1	1/4	1	0.707	0.142	0.573		
					4.971	1.000

Cálculo de la media geométrica, Pesos, λ máx., IC, RC de la comparación binaria de los Criterios y Riesgos Manera Agregada									
Manera Agregada	C1	C2	C3	C4	Media geométrica	Pesos		λ max	
C1	1	0.39	0.50	0.56	0.575	0.133	0.548	4.076	
C2	2.550849	1.00	2.27	0.94	1.529	0.354	1.428	CI	
C3	2.00	0.44	1.00	0.50	0.814	0.189	0.773	0.025	
C4	1.7826025	1.06	2.02	1.00	1.397	0.324	1.317	CR	
					4.315	1.000		0.028	<0.1
n	1	2	3	4					
RI	0	0	0.58	0.90					
C1	R2	R3	R5	R6	Media geométrica	Pesos			
R2	1	0.6738039	0.6361298	0.3838519	0.637	0.146	0.610	λ max	4.180
R3	1.4841114	1	0.4251415	0.3195772	0.670	0.153	0.632	CI	0.060
R5	1.5720062	2.352158	1	1.759741	1.597	0.365	1.546	CR	0.067
R6	2.6051711	3.1291346	0.5682654	1	1.467	0.336	1.403		
					4.371	1.000			
C2	R2	R3	R5	R6					
R2	1	0.9440875	0.4708724	0.2971004	0.603	0.129	0.550	λ max	4.543
R3	1.0592238	1	0.8705506	0.5743492	0.853	0.182	0.790	CI	0.181
R5	4.5471497	1.1486984	1	0.3920263	1.196	0.256	1.221	CR	0.201
R6	2.4395108	1.7411011	3.9585237	1	2.025	0.433	2.077		
					4.677	1.000			
C3	R2	R3	R5	R6					
R2	1	2.27	1.12	0.5296119	1.077	0.257	1.067	λ max	4.124
R3	0.4409301	1.0	1.3	0.4735329	0.722	0.173	0.720	CI	0.041
R5	0.894113	0.8	1.0	0.6776109	0.826	0.197	0.813	CR	0.046
R6	1.888175	2.11	1.48	1	1.557	0.372	1.515		
					4.182	1.000			
C4	R2	R3	R5	R6					
R2	1	1.4309691	0.6361298	0.513533	0.827	0.200	0.810	λ max	4.036
R3	0.6988271	1	0.6842554	0.5898946	0.729	0.176	0.713	CI	0.012
R5	1.5720062	1.4614426	1	1.0844718	1.256	0.304	1.223	CR	0.013
R6	1.9472944	1.6952182	0.9221079	1	1.321	0.320	1.288		
					4.133	1.000

Matriz de Decisión de los Riesgos de Riesgos Moderados con AHP						
	C1	C2	C3	C4		
	0.133	0.354	0.189	0.324		
R2	0.146	0.129	0.257	0.200		
R3	0.153	0.182	0.173	0.176		
R5	0.365	0.256	0.197	0.304		
R6	0.336	0.433	0.372	0.320		
	Ponderación de las Alternativas				Resultados	Ranking
R2	0.019	0.046	0.049	0.065	0.178	3
R3	0.020	0.065	0.033	0.057	0.175	4
R5	0.049	0.091	0.037	0.098	0.275	2
R6	0.045	0.153	0.070	0.103	0.372	1

Capítulo 5. Tabla de Cálculos ANP-TOPSIS-Análisis Cuantitativo

Matriz de Influencia Experto 1											
			C1: Técnicos				C2: Económicos				
			Daños por Fenómenos Naturales	Falta de Suministro y Reemplazos	Perdidas por Sombras	Falta de Mantenimiento	Falta de Financiación	Alto Pay Back	Variabilidad del VAN	Costos del Mantenimiento	Cambios en el Marco Legislativo
C1: Técnicos	C1.1	Daños por Fenómenos Naturales	0	0	0	1	0	1	1	1	0
	C1.2	Falta de Suministro y Reemplazos	0	0	0	1	0	1	1	1	0
	C1.3	Perdidas por Sombras	0	0	0	0	0	1	1	0	0
	C1.4	Falta de Mantenimiento	1	1	0	0	0	1	1	1	0
C2: Económicos	C2.1	Falta de Financiación	0	1	0	1	0	1	1	1	0
	C2.2	Alto Pay Back	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	C2.3	Variabilidad del VAN	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	C2.4	Costos del Mantenimiento	0	1	0	1	1	1	0	0	0
	C2.5	Cambios en el Marco Legislativo	0	0	0	0	1	1	1	0	0

Matriz de Influencia Experto 2											
			C1: Técnicos				C2: Económicos				
			Daños por Fenómenos Naturales	Falta de Suministro y Reemplazos	Perdidas por Sombras	Falta de Mantenimiento	Falta de Financiación	Alto Pay Back	Variabilidad del VAN	Costos del Mantenimiento	Cambios en el Marco Legislativo
C1: Técnicos	C1.1	Daños por Fenómenos Naturales	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	C1.2	Falta de Suministro y Reemplazos	0	0	0	1	0	0	1	1	0
	C1.3	Perdidas por Sombras	0	0	0	1	0	1	1	0	0
	C1.4	Falta de Mantenimiento	0	1	1	0	0	1	1	1	0
C2: Económicos	C2.1	Falta de Financiación	0	0	1	0	0	1	1	1	0
	C2.2	Alto Pay Back	0	0	0	0	1	0	1	1	0
	C2.3	Variabilidad del VAN	0	0	0	0	1	1	0	1	0
	C2.4	Costos del Mantenimiento	0	1	1	1	0	1	1	0	0
	C2.5	Cambios en el Marco Legislativo	0	1	0	0	1	1	1	1	0

Matriz de Influencia Experto 3

			C1: Técnicos				C2: Económicos				
			Daños por Fenómenos Naturales	Falta de Suministro y Reemplazos	Perdidas por Sombras	Falta de Mantenimiento	Falta de Financiación	Alto Pay Back	Variabilidad del VAN	Costos del Mantenimiento	Cambios en el Marco Legislativo
C1: Técnicos	C1.1	Daños por Fenómenos Naturales	0	0	1	0	1	1	1	1	0
	C1.2	Falta de Suministro y Reemplazos	1	0	0	1	1	1	1	1	0
	C1.3	Perdidas por Sombras	0	0	0	0	1	1	1	0	0
	C1.4	Falta de Mantenimiento	1	0	1	0	1	1	1	1	0
C2: Económicos	C2.1	Falta de Financiación	1	1	0	1	0	1	1	1	1
	C2.2	Alto Pay Back	0	1	0	0	1	0	1	1	1
	C2.3	Variabilidad del VAN	0	1	0	1	1	1	0	0	1
	C2.4	Costos del Mantenimiento	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	C2.5	Cambios en el Marco Legislativo	1	1	0	1	1	1	1	1	0

Obtención del Peso de los Criterios Experto 1													
			C1: Técnicos				C2: Económicos						
			C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	Peso de Importancia	Peso Wc
C1: Técnicos	C1.1	Daños por Fenómenos Naturales	0	0	0	0.438	0	0.284	0.266	0.045	0	0.177	0.104
	C1.2	Falta de Suministro y Reemplazos	0	0	0	0.063	0	0.042	0.040	0.227	0	0.064	0.042
	C1.3	Perdidas por Sombras	0	0	1	0	0	0.135	0.097	0	0	0.220	0.252
	C1.4	Falta de Mantenimiento	1	0.5	0	0	0	0.039	0.097	0.227	0	0.040	0.260
C2: Económicos	C2.1	Falta de Financiación	0	0.072	0	0.063	0	0.040	0.318	0.500	0	0.032	0.140
	C2.2	Alto Pay Back	0	0	0	0	0	0	0.052	0	0	0.080	0.012
	C2.3	Variabilidad del VAN	0	0	0	0	0.200	0.130	0	0	0	0.220	0.017
	C2.4	Costos del Mantenimiento	0	0.429	0	0.438	0.600	0.116	0	0	0	0.119	0.073
	C2.5	Cambios en el Marco Legislativo	0	0	0	0	0.200	0.213	0.129	0	1	0.049	0.100
			1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.00	1.00

Obtención del Peso de los Criterios Experto 2												
			C1: Técnicos				C2: Económicos					
			C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	Peso de Importancia
C1: Técnicos	C1.1	Daños por Fenómenos Naturales	0	0	0	0	0.5	0.059	0.034	0.040	1	0.033
	C1.2	Falta de Suministro y Reemplazos	0	0	0	0.071	0	0	0.195	0.305	0	0.277
	C1.3	Perdidas por Sombras	0	0	0	0.429	0	0.307	0.195	0	0	0.066
	C1.4	Falta de Mantenimiento	0		0.5	0	0	0.134	0.075	0.156	0	0.124
C2: Económicos	C2.1	Falta de Financiación	0	0.5	0.250	0	0	0.121	0.259	0.185	0	0.118
	C2.2	Alto Pay Back	0	0	0	0	0.227	0	0.086	0.131	0	0.043
	C2.3	Variabilidad del VAN	0	0	0	0	0.227	0.051	0	0.092	0	0.074
	C2.4	Costos del Mantenimiento	0	0.083	0.250	0.5	0	0.164	0.126	0	0	0.248
	C2.5	Cambios en el Marco Legislativo	0	0.417	0	0	0.045	0.164	0.030	0.092	0	0.018
			0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.00

Obtención del Peso de los Criterios Experto 3														
			C1: Técnicos				C2: Económicos							
			C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5		Peso de Importancia	Peso Wc
C1: Técnicos	C1.1	Daños por Fenómenos Naturales	0	0	0.081	0.000	0.187	0.261	0.235	0.117			0.128	0.054
	C1.2	Falta de Suministro y Reemplazos	0.0625	0	0.000	0.500	0.038	0.061	0.047	0.040	0		0.008	0.030
	C1.3	Perdidas por Sombras	0	0	0.000	0.000	0.142	0.160	0.138	0	0		0.092	0.025
	C1.4	Falta de Mantenimiento	0.4375	0	0.419	0.000	0.133	0.018	0.080	0.343	0	X	0.021	0.139
C2: Económicos	C2.1	Falta de Financiación	0.029	0.298	0.00	0.076	0.000	0.111	0.132	0.343	0.048		0.095	0.069
	C2.2	Alto Pay Back	0	0.228	0.00	0.000	0.319	0	0.062	0.117	0.191		0.037	0.139
	C2.3	Variabilidad del VAN	0	0.180	0.00	0.072	0.128	0.324	0	0.000	0.761		0.042	0.405
	C2.4	Costos del Mantenimiento	0.351	0.139	0.50	0.193	0.037	0.047	0.279	0	0		0.080	0.113
	C2.5	Cambios en el Marco Legislativo	0.120	0.154	0.00	0.158	0.016	0.018	0.026	0.040	0		0.496	0.026
			1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1	0.00	1.00	1.00

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DEL RANKING DE LAS ALTERNATIVAS CON TOPSIS EXPERTO 1									
Valorización de las Alternativas									
	C1 Riesgos Técnicos				C2 Riesgos Económicos				
	Daños por Fenómenos Naturales	Suministros y Reemplazos	Perdidas por Sombra	Mantenimiento	Financiación	Pay Back	VAN	Costes del Mantenimiento	Marco Legislativo
	Min:1,max:10	Min:1,max:10	%	Min:1,max:10	Min:1,max: 10	Años	%	€/Wp	Min:1,max:10
A1	1	3	10	2	2	8	30	210.3	7
A2	4	5	20	4	5	5	20	205.27	5
Construcción de la Matriz de Decisión									
Peso (W)	0.104	0.042	0.252	0.260	0.140	0.012	0.017	0.073	0.100
	C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5
A1	1	3	10	2	2	8	30	210.3	7
A2	4	5	20	4	5	5	20	205.27	5
Normalización de la Matriz de Decisión									
	min	min	min	min	min	min	min	min	min
Peso (W)	0.104	0.042	0.252	0.260	0.140	0.012	0.017	0.073	0.100
	C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5
A1	0.243	0.514	0.447	0.447	0.371	0.848	0.832	0.716	0.814
A2	0.970	0.857	0.894	0.894	0.928	0.530	0.555	0.698	0.581
Ponderación de la Matriz de Decisión									
A1	0.025	0.022	0.113	0.116	0.052	0.010	0.014	0.052	0.082
A2	0.101	0.036	0.226	0.233	0.130	0.006	0.009	0.051	0.058
Determinar la Solución Ideal Positiva Pis y la Solución ideal Negativa Nis									
A+	0.025	0.022	0.113	0.116	0.052	0.006	0.009	0.051	0.058
A-	0.101	0.036	0.226	0.233	0.130	0.010	0.014	0.052	0.082

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DEL RANKING DE LAS ALTERNATIVAS CON TOPSIS EXPERTO 2									
Valorización de las Alternativas									
	C1 Riesgos Técnicos				C2 Riesgos Económicos				
	Daños por Fenómenos Naturales	Suministros y Reemplazos	Perdidas por Sombra	Mantenimiento	Financiación	Pay Back	VAN	Costes del Mantenimiento	Marco Legislativo
	Min:1,max:10	Min:1,max:10	%	Min:1,max:10	Min:1,max:10	Años	%	€/Wp	Min:1,max:10
A1	3	3	10	5	5	8	30	210.3	9
A2	8	4	20	5	4	5	20	205.27	7
Construcción de la Matriz de Decisión									
Peso (W)	0.092	0.099	0.081	0.083	0.225	0.065	0.052	0.118	0.153
	C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5
A1	3	3	10	5	5	8	30	210.3	9
A2	8	4	20	5	4	5	20	205.27	7
Normalización de la Matriz de Decisión									
	min	min	min	min	min	min	min	min	min
Peso (W)	0.092	0.099	0.081	0.083	0.225	0.065	0.052	0.118	0.153
	C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5
A1	0.351	0.600	0.447	0.707	0.781	0.848	0.832	0.716	0.789
A2	0.936	0.800	0.894	0.707	0.625	0.530	0.555	0.698	0.614
Ponderación de la Matriz de Decisión									
A1	0.032	0.059	0.036	0.058	0.176	0.056	0.043	0.084	0.121
A2	0.086	0.079	0.072	0.058	0.141	0.035	0.029	0.082	0.094
Determinar la Solución Ideal Positiva Pis y la Solución ideal Negativa Nis									
A+	0.032	0.059	0.036	0.058	0.141	0.035	0.029	0.082	0.094
A-	0.086	0.079	0.072	0.058	0.176	0.056	0.043	0.084	0.121

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DEL RANKING DE LAS ALTERNATIVAS CON TOPSIS EXPERTO 3									
Valorización de las Alternativas									
	C1 Riesgos Técnicos				C2 Riesgos Económicos				
	Daños por Fenómenos Naturales	Suministros y Reemplazos	Perdidas por Sombra	Mantenimiento	Financiación	Pay Back	VAN	Costes del Mantenimiento	Marco Legislativo
	Min:1,max:10	Min:1,max:10	%	Min:1,max:10	Min:1,max:10	Años	%	€/Wp	Min:1,max:10
A1	3	5	10	3	5	8	30	210.3	10
A2	7	5	20	5	7	5	20	205.27	9
Construcción de la Matriz de Decisión									
Peso (W)	0.128	0.008	0.092	0.021	0.095	0.037	0.042	0.080	0.496
	C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5
A1	3	5	10	3	5	8	30	210.3	10
A2	7	5	20	5	7	5	20	205.27	9
Normalización de la Matriz de Decisión									
	min	min	min	min	min	min	min	min	min
Peso (W)	0.128	0.008	0.092	0.021	0.095	0.037	0.042	0.080	0.496
	C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5
A1	0.394	0.707	0.447	0.514	0.581	0.848	0.832	0.716	0.743
A2	0.919	0.707	0.894	0.857	0.814	0.530	0.555	0.698	0.669
Ponderación de la Matriz de Decisión									
A1	0.050	0.006	0.041	0.011	0.055	0.032	0.035	0.057	0.369
A2	0.118	0.006	0.083	0.018	0.077	0.020	0.023	0.056	0.332
Determinar la Solución Ideal Positiva Pis y la Solución ideal Negativa Nis									
A+	0.050	0.006	0.041	0.011	0.055	0.020	0.023	0.056	0.332
A-	0.118	0.006	0.083	0.018	0.077	0.032	0.035	0.057	0.369

Resultados del Ranking de las Alternativas			
Medidas de la Distancia			
	Experto 1	Experto 2	Experto 3
d+A1	0.013	0.051	0.040
d+A2	0.166	0.071	0.135
d-A1	0.166	0.076	0.157
d-A2	0.036	0.028	0.122
Proximidad Relativa			
Alternativa 1	0.925	0.599	0.795
Alternativa 2	0.179	0.283	0.474
Ordenación de Preferencias			
	A1 >A2	A1 >A2	A1 >A2

9.3 Información Suplementaria

Capítulo 5.2 Identificación de los Riesgos- Análisis Económico

Instalación Fotovoltaica, Santo Domingo, República Dominicana

Estudio de Retorno de la Inversion

Beneficios de la Ley 57-07

Concepto	Valor
ITBIS a descontar de inmediato	42,828.25
Monto a Descontar por la DGII 1er Año	28,321.44
Monto a Descontar por la DGII 2do Año	28,321.44
Monto a Descontar por la DGII 3er Año	28,321.44

Total a Descontar Ley 57-07 (40% del total y el ITBIS)	127,792.58
Costo Netos del Proyecto Luego de Descuento Ley 57-07	106,248.67

*En US\$ Dolares Americanos

Características Generales del Sistema a Instalar

Produccion Energetica Mensual	12515.17 kWh
Consumo Promedio del Cliente	66461.54 kWh/MES
Porcentaje Consumo Energetico Ahorrado	19% Ahorro
Promedio de Energia Normalizada	180.71 Wh/Wp
Cantidad de Paneles	380 Unidades
Produccion por Panel	300 Watts
Potencia en Paneles	114.00 kWp
Precio Actual kWh	0.18 US\$/kWh
Valor de Produccion al Precio Actual	2223.97 US\$/Mes
Ahorro en pago CDEEE Anual Estimado	26687.63 US\$
Inversion Fotovoltaica	212,410.82 US\$

Beneficios al largo Plazo y Tasa interna de retorno

Beneficios del Proyecto en 10 Años	156,212.60 US\$
Beneficios del proyecto en 25 Años	924,707.99 US\$
Tasa Interna de Retorno en 10 Años	-3%
Tasa Interna de Retorno en 25 Años	20%

Amortizacion del Proyecto a 25 años

Año	Capital	Interes	Ahorro Pagos a Distribuidoras	Ahorro I/R	Depreciacion
1	(212,410.82)	0.00	26748.94	28,321.44	16,339.29
2	(157,340.44)	0.00	27832.27	28,321.44	15,685.72
3	(101,186.73)	0.00	28959.48	28,321.44	15,032.15
4	(43,905.81)	0.00	30132.33	0	14,378.58
5	(13,773.48)	0.00	31352.69	0	13,725.01
6	17,579.22	0.00	32622.48	0	13,071.44
7	50,201.70	0.00	33943.69	0	12,417.86
8	84,145.38	0.00	35318.41	0	11,764.29
9	119,463.79	0.00	36748.80	0	11,110.72
10	156,212.60	0.00	38237.13	0	10,457.15
11	194,449.73	0.00	39785.73	0	9,803.58
12	234,235.46	0.00	41397.06	0	9,150.00
13	275,632.52	0.00	43073.64	0	8,496.43
14	318,706.15	0.00	44818.12	0	7,842.86
15	363,524.27	0.00	46633.25	0	7,189.29
16	410,157.52	0.00	48521.90	0	6,535.72
17	458,679.42	0.00	50487.04	0	5,882.15
18	509,166.46	0.00	52531.76	0	5,228.57
19	561,698.22	0.00	54659.30	0	4,575.00
20	616,357.52	0.00	56873.00	0	3,921.43
21	673,230.52	0.00	59176.36	0	3,267.86
22	732,406.88	0.00	61573.00	0	2,614.29
23	793,979.87	0.00	64066.70	0	1,960.72
24	858,046.58	0.00	66661.41	0	1,307.14
25	924,707.99	0.00	69361.19	0	653.57

Instalación Fotovoltaica, Región de Murcia, España

Estudio de Retorno de la Inversion		
Características Generales del Sistema a Instalar		
Produccion Energetica Mensual	27518.00	kWh
Consumo Promedio del Cliente	66461.54	kWh/MES
Porcentaje Consumo Energetico Ahorrado	41%	Ahorro
Promedio de Energia Normalizada	123.93	Wh/Wp
Cantidad de Paneles	3144	Unidades
Produccion por Panel	70	Watts
Potencia en Paneles	222.00	kWp
Precio Actual kWh	0.32	US\$/kWh
Valor de Produccion al Precio Actual	8805.76	US\$/Mes
Ahorro en pago CDEEE Anual Estimado	105669.12	US\$
Inversion Fotovoltaica	513,150.52	US\$

Beneficios al largo Plazo y Tasa interna de retorno		
Beneficios del Proyecto en 10 Años	787,670.40	US\$
Beneficios del proyecto en 25 Años	3,825,299.31	US\$
Tasa Interna de Retorno en 10 Años	15%	
Tasa Interna de Retorno en 25 Años	30%

Amortizacion del Proyecto a 25 años

Año	Capital	Interes	Ahorro Pagos a Distribuidoras	Ahorro I/R	Depreciacion
1	(513,150.52)	0.00	105730.43	59,867.56	39,473.12
2	(347,552.54)	0.00	110012.51	59,867.56	37,894.19
3	(177,672.47)	0.00	114468.01	59,867.56	36,315.27
4	(3,336.89)	0.00	119103.97	0	34,736.34
5	115,767.08	0.00	123927.68	0	33,157.42
6	239,694.75	0.00	128946.75	0	31,578.49
7	368,641.50	0.00	134169.09	0	29,999.57
8	502,810.60	0.00	139602.94	0	28,420.64
9	642,413.54	0.00	145256.86	0	26,841.72
10	787,670.40	0.00	151139.76	0	25,262.79
11	938,810.16	0.00	157260.92	0	23,683.87
12	1,096,071.09	0.00	163629.99	0	22,104.95
13	1,259,701.08	0.00	170257.01	0	20,526.02
14	1,429,958.09	0.00	177152.42	0	18,947.10
15	1,607,110.50	0.00	184327.09	0	17,368.17
16	1,791,437.59	0.00	191792.34	0	15,789.25
17	1,983,229.93	0.00	199559.92	0	14,210.32
18	2,182,789.85	0.00	207642.10	0	12,631.40
19	2,390,431.95	0.00	216051.61	0	11,052.47
20	2,606,483.56	0.00	224801.70	0	9,473.55
21	2,831,285.25	0.00	233906.17	0	7,894.62
22	3,065,191.42	0.00	243379.37	0	6,315.70
23	3,308,570.79	0.00	253236.23	0	4,736.77
24	3,561,807.01	0.00	263492.30	0	3,157.85
25	3,825,299.31	0.00	274163.73	0	1,578.92

Capitulo 5.2 Identificación de los Riesgos- Modelado del Análisis de Sensibilidad con Expert Choice

Análisis de Sensibilidad Dinámico

Análisis de Sensibilidad de Rendimiento 1

Análisis de Sensibilidad de Rendimiento 2

Analisis de Sensibilidad Gradiente modo distributivo, A riesgos técnicos, B riesgos financieros

Analisis de Sensibilidad Gradiente modo ideal, A riesgos técnicos, B riesgos financieros

Analisis de Sensibilidad Gradiente modo distributivo, A riesgos tecnicos, B riesgos financieros

Analisis de Sensibilidad Gradiente modo ideal, A riesgos técnicos, B riesgos financieros

Análisis de sensibilidad dinámico de los riesgos, importancia del criterio técnico 50 %, importancia del criterio financiero 50%.

Análisis de sensibilidad de rendimiento de los riesgos, modo distributivo, (A) importancia del criterio técnico 70 %, importancia del criterio financiero 30%, (B) A importancia del criterio técnico 30 %, importancia del criterio financiero 70 %

Análisis de sensibilidad de rendimiento de los riesgos, modo distributivo, (A) importancia del criterio técnico 75 %, importancia del criterio financiero 25%, (B) importancia del criterio técnico 25 %, importancia del criterio financiero 75%.

Análisis de sensibilidad de rendimiento de los riesgos, modo ideal, **(A)** importancia del criterio técnico 70 %, importancia del criterio financiero 30%, **(B)** A importancia del criterio técnico 70 %, importancia del criterio financiero 30 %.

Análisis de sensibilidad dinámico de los riesgos, modo ideal, **(A)** importancia del criterio técnico 75 %, importancia del criterio financiero 25%, **(B)** A importancia del criterio técnico 25 %, importancia del criterio financiero 75%.

Análisis de sensibilidad de rendimiento de los riesgos, modo ideal, importancia del criterio técnico 50 %, importancia del criterio financiero 50%.

Análisis de sensibilidad de rendimiento de los riesgos, modo ideal, (A) importancia del criterio técnico 70 %, importancia del criterio financiero 30%, (B) A importancia del criterio técnico 30 %, importancia del criterio financiero 70 %