

05-033

### **RISK MANAGEMENT IN THE RENEWABLE ENERGY FIELD: COMPARATIVE ANALYSIS AND STUDY CASE IN THE DOMINICAN REPUBLIC**

Guerrero-Liquet, Guido C. <sup>1</sup>; García Cascales, M. Socorro <sup>1</sup>; Sánchez Lozano, Juan Miguel <sup>2</sup>; Faxas-Guzmán, Juan <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dpto Electrónica, Tecnología de Computadoras y Proyectos, Universidad Politécnica de Cartagena, <sup>2</sup> Centro Universitario de la Defensa de San Javier, Academia General del Aire, Universidad Politécnica de Cartagena

In the Dominican Republic a number of multilateral banks are trying to implement public finances to meet the capital intensity of renewable energy projects with high levels of technological risk. The industry needs investors in the development of energy companies in emerging markets as well as high quality management, this interest leads to stimulate the insurance community to provide new tools and products that can be used for creating policy support measures to mitigate real risks in renewable energy projects. We examine the instruments of technical and financial management which are evolving; we identify the risks most likely to occur, the implications related to investment and we analyze different combinations of decision making methods applied to risk management. A case study of a solar installation designed by an energy services company in the Dominican Republic is presented. Comparing these methods, tools are used that provide pre-planning or early operational risk loans or financing guarantees once the project is underway, the focus of the company's risk passes to the construction contracts.

**Keywords:** *Dominican Republic; Renewable Energy (RES); Energy Service Companies (ESCOs); Risk Management*

### **GESTIÓN DE RIESGOS EN EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES: ANÁLISIS COMPARATIVO Y CASO DE ESTUDIO EN LA REPÚBLICA DOMINICANA**

En República Dominicana un número de bancos multilaterales 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 inversores en desarrollo de empresas de energía en mercados emergentes, así como una gestión de alta calidad, este interés nos conduce a estimular a la comunidad de seguros para construir herramientas y nuevos productos que puedan ser utilizados a favor de crear medidas de apoyo a las políticas para mitigar los riesgos reales en proyectos de energías renovables. Examinamos los instrumentos de gestión técnica y financiera que están evolucionando, identificamos los riesgos con mayor probabilidad de ocurrencia, las implicaciones relacionadas con las inversiones y analizamos diferentes combinaciones de métodos de toma de decisión aplicados a la gestión de riesgos. Con este objetivo, presentamos un caso de estudio de una instalación solar diseñada por una empresa de servicios energéticos en la República Dominicana. Comparando estos métodos se utilizan herramientas que aportan garantías previo a la planificación, al riesgo operativo temprano, préstamos o financiación, una vez que el proyecto está en marcha, el enfoque de la empresa pasa de riesgos de contratación a la construcción.

**Palabras clave:** *República Dominicana; Energías Renovables (EERR); Empresas de Servicios Energéticos (ESE); Gestión de Riesgos*

Correspondencia: Juan Miguel Sánchez Lozano [juanmi.sanchez@tud.upct.es](mailto:juanmi.sanchez@tud.upct.es)

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por la DGICYT mediante el proyecto TIN2014-55024-P

## **1. Introducción y objetivos**

El objetivo de un inversionista o promotor es maximizar el beneficio de un proyecto, para lograrlo primero debe gestionar los riesgos que imposibilitan el retorno adecuado del capital, bajo este propósito están sujetas a análisis de riesgos las diferentes cifras de rentabilidad que son fundamentales para transmitir lo atractivo que es la inversión.

En este estudio determinamos los riesgos que pueden afectar a la rentabilidad de un proyecto 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.

Presentamos una solución que aplica diferentes metodologías y para ello se abordarán las siguientes tareas; utilizar una combinación de métodos para recopilar la información, realizar un análisis de determinación y, emplear técnicas de diagramación y de evaluación de juicios con la finalidad de obtener la categorización y priorización de riesgos. Los procedimientos indicados serán aplicados a un caso de estudio real, concretamente a un proyecto desarrollado en la República Dominicana.

Se ha seleccionado un edificio de uso administrativo, concretamente un banco nacional que pretende cubrir parte de su demanda energética a través de la implantación de una instalación fotovoltaica en el aparcamiento principal de sus oficinas. Es de vital importancia para la empresa de servicios energéticos encargada de su diseño e instalación, identificar los riesgos que pueden ocasionar que la planta solar no sea rentable, de este modo se podrán fijar estrategias durante la construcción y su posterior puesta en marcha, proporcionando además perspectivas de financiación al cliente.

Abordamos la necesidad de usar herramientas avanzadas en la gestión de riesgos identificando problemas que ocurren en las plantas solares a partir de la representación de todo el ciclo de contratación. Por lo tanto este trabajo se estructura de la siguiente manera: en el epígrafe 2 se muestra la situación actual de la gestión de riesgos en las energías renovables y se definen de forma breve las herramientas y técnicas utilizadas actualmente para identificarlos. En el epígrafe 3 se describen las condiciones dadas en República Dominicana, así como la planificación de las probabilidades analizadas donde se aplica la metodología al caso de estudio proporcionando los resultados y las comparativas. Finalmente el epígrafe 4 reflejará tanto las conclusiones del estudio realizado como las posibles mitigaciones.

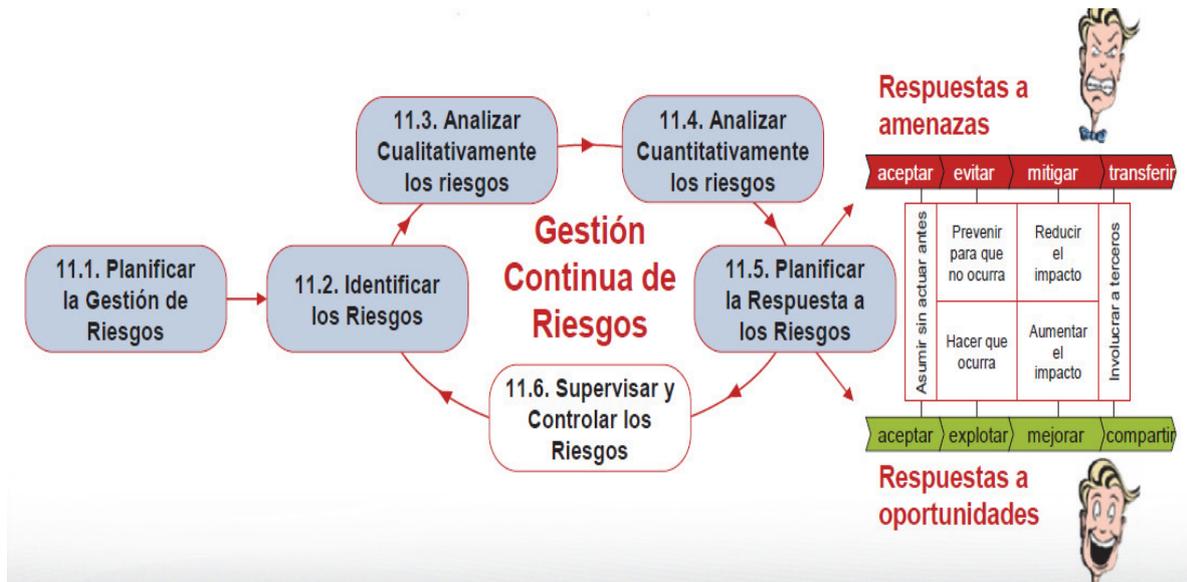
## **2. Gestión de Riesgos en las Energías Renovables**

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

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. 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, 2012).

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 1: Gestión de Riesgos continúa. Fuente: (Barato J., 2010)



La figura 1 recoge el modelo utilizado para realizar el proceso de gestión de riesgos, éste consta de los siguientes pasos:

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.

Debe hacerse una elección consciente de los riesgos a todos los niveles de la organización para identificar activamente y perseguir una gestión eficaz durante la vida del proyecto. Los riesgos existen desde el momento en que se concibe un proyecto (PMBok, 2012).

Una vez realizada la planificación de los procesos de gestión, el análisis comparativo se desarrolla en el paso 2, éste consiste en identificar los riesgos realizando una exhaustiva revisión de la documentación, recopilación de la información, análisis de las listas del control, análisis de supuestos, técnicas de diagramación y juicio de expertos mediante la aplicación de herramientas y técnicas innovadoras.

De esta forma será posible obtener un registro de riesgos que contenga medidas que produzcan como resultados la lista de riesgos identificados, lista de potenciales respuestas, causa-raíz de los riesgos, categoría de riesgos actualizada y la posible priorización de los

riesgos que puede resultar muy útil en los siguientes procesos de gestión de riesgos del proyecto.

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

Aunque hoy en día no se ha extendido el desarrollo de procesos de gestión de riesgos en éste ámbito, los instrumentos de gestión de riesgos financieros evolucionan y pueden ser adaptados para cumplir con la industria de las energías renovables, incluyendo productos de la transferencia de riesgos, los derivados de crédito y seguros contra riesgos políticos (aquellos que tienen en cuenta posibles cambios de los marcos legislativos nacionales).

Además, a consecuencia de los continuos cambios bruscos en las condiciones climáticas del planeta, ayudar a los potenciales inversores y a las diferentes administraciones a evaluar, mitigar y asegurar los riesgos, generará una importante oportunidad de negocio para los servicios de gestión de este tipo de riesgos. Este aumento de las vulnerabilidades requerirá nuevos servicios y competencias para ayudar a los clientes empresariales para mejorar los sistemas de gestión de riesgo, empresarial para gestionar aumento de la cadena de suministro y los riesgos de interrupción, instalaciones y riesgos políticos (Kleindorfer, Singhal, & Van Wassenhove, 2009).

## **2.1. Herramientas y Técnicas de la Identificación de los Riesgos**

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

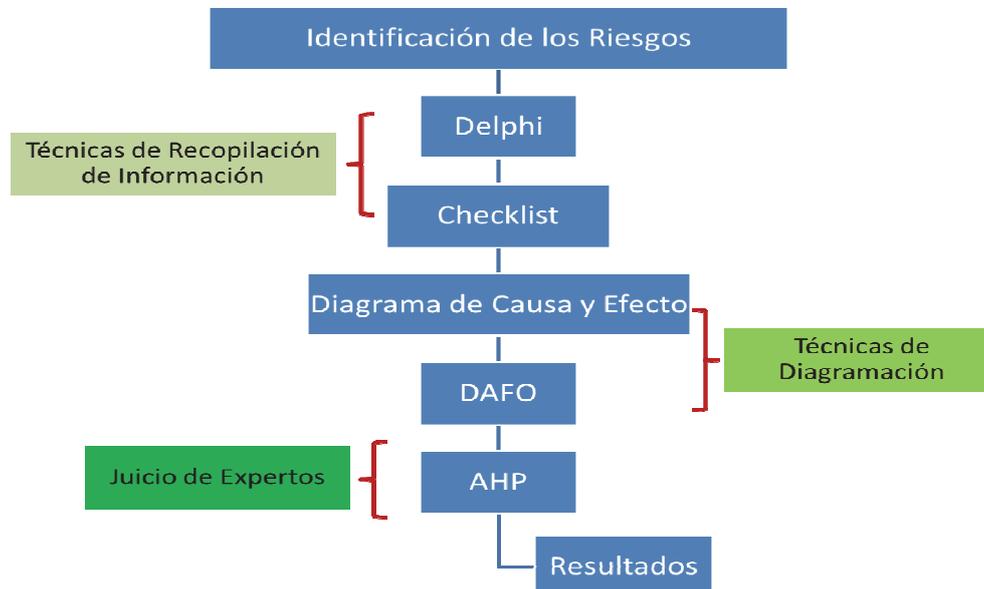
Entre las personas que participan en la identificación se pueden incluir: el director del proyecto, los miembros del equipo del proyecto, el equipo de gestión de riesgos (si está asignado), clientes, expertos en la materia externos al equipo del proyecto, usuarios finales, otros directores del proyecto, interesados y expertos en gestión de riesgos (PMBok, 2012).

Para realizar una buena documentación no sólo es necesario poseer una descripción detallada del proyecto, sino también disponer de información procedente del resto de áreas de gestión del proyecto:

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 costos y cronogramas, gestión de calidad y registro de interesados.

El primer paso consistirá en hacer 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. Con el objetivo de determinar e identificar los riesgos se recurrirá a diferentes técnicas tales como las indicadas en la Figura 2.

**Figura 2: Esquema de Técnicas de la Identificación de los Riesgos. (Fuente: Elaboración Propia)**



Se recopila toda la información mediante la técnica Delphi: esta se compone de un cuestionario a un grupo de expertos, con un segundo cuestionario basado en los resultados del primero, de esta manera se logra consenso entre los expertos, los expertos del proyecto participan en esta técnica de forma anónima e independiente, es decir, no podrán interactuar entre sí.

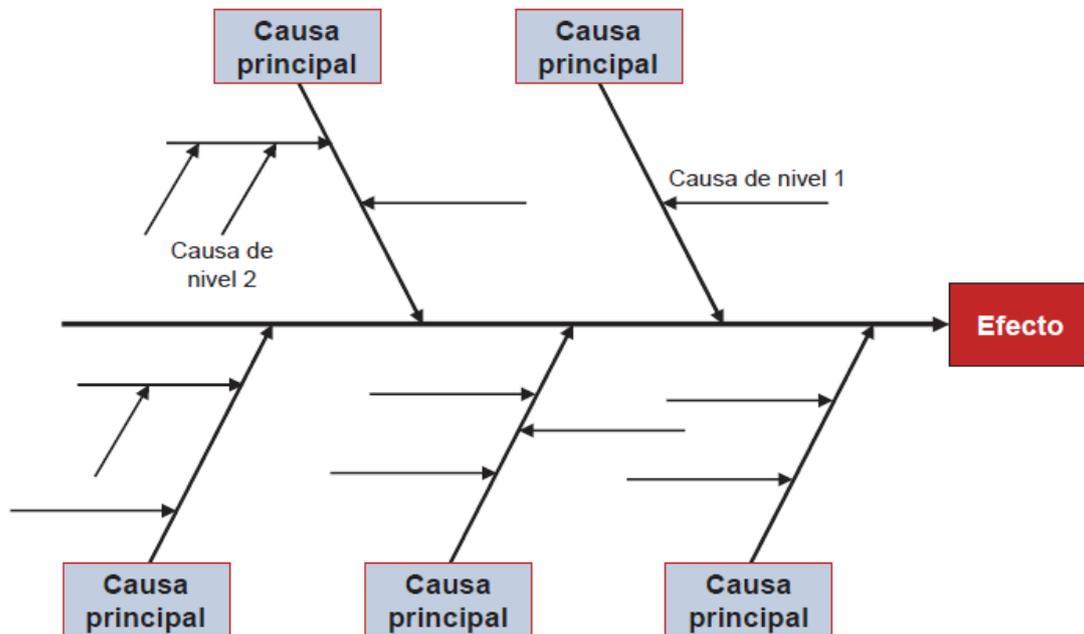
Un facilitador utiliza un cuestionario para solicitar ideas acerca de los riesgos importantes del proyecto. La técnica Delphi ayuda a reducir parcialidades en los datos y evita que cualquier persona ejerza influencias inapropiadas en el resultado (PMBok, 2012).

Aplicaciones de Delphi en Gestión de Riesgos se pueden encontrar en estudios como: (Almansa & Martínez-Paz, 2011; Keil & Schmidt, 1998; Markmann, Darkow & von der Gracht, 2012).

El siguiente paso consistirá en elaborar una lista que será utilizada como una lista de control de riesgos, ésta deberá 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. Para ello, se traza una secuencia de forma ordenada que permita, mediante un vistazo rápido, verificar que el resultado es el esperado. En definitiva, sirve como registro para llevar un control de lo ocurrido y puede ser revisada cuantas veces sea necesario. 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.

Definida la lista de control, el siguiente paso consistirá en realizar una diagramación que permita conectar gráficamente el problema con sus causas principales y secundarias con la técnica de diagramas causa y efecto tales como el diagrama Ishikawa o Fishbone); diagrama que muestra la relación entre una característica de calidad y los factores, es una técnica para identificar las causas posibles que afectan un proyecto, permite obtener un cuadro detallado y de fácil visualización de las diferentes causas que pueden originar un determinado problema.

Figura 3: Construcción de un Diagrama de Espina de Pescado Fuente: (Barato J., 2010)



El diagrama causa-efecto no es una herramienta para resolver un problema, sino para explicar sus razones, paso previo obligado si se desea corregirlo. 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.

Para aumentar el espectro de riesgos identificados conviene realizar un análisis de las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades DAFO: 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.

Finalmente para identificar los riesgos directamente y obtener una previa priorización de estos, se deberá realizar la evaluación de juicios con técnicas de toma de decisión multicriterio como por ejemplo el Proceso Analítico Jerárquico (AHP): 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.

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).

En cuanto a la aplicación del método AHP en gestión de riesgos en energías renovables, se presentan estudios recientes como por ejemplo: Aragonés-Beltrán et al. (2010) en el trabajo "An ANP-based approach for the selection of photovoltaic solar power plant investment projects" aplican AHP para la selección de proyectos de energía solar fotovoltaica (PV).

### 3. Definición, Aplicación y Resultados del Caso de Estudio en la República Dominicana (RD)

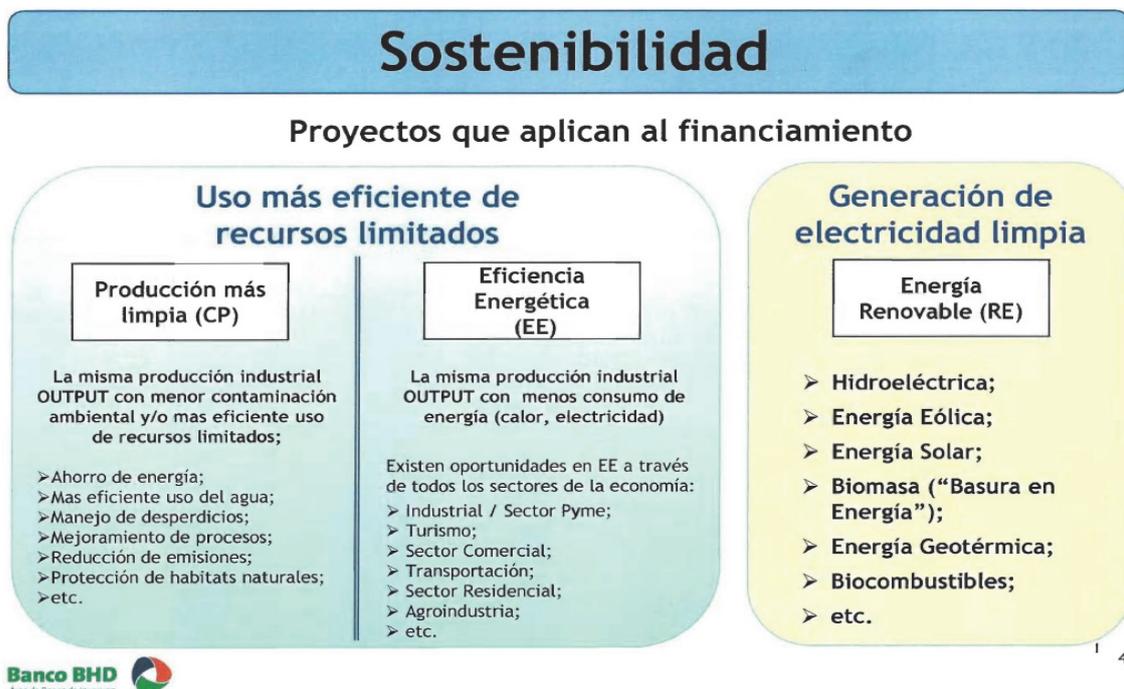
#### 3.1. Planificación de la Gestión de Riesgos de EERR en RD

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 con tope, cortes de electricidad, inversión inadecuada en aumentos de capacidad y capacidad regulatoria limitada.

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 un marco legislativo favorable para incentivar la implantación de tecnologías renovables. La Ley 57-07, 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 4: Definición de Sostenibilidad para aplicar a la Financiación Fuente: ( IFC-BHD, 2010)

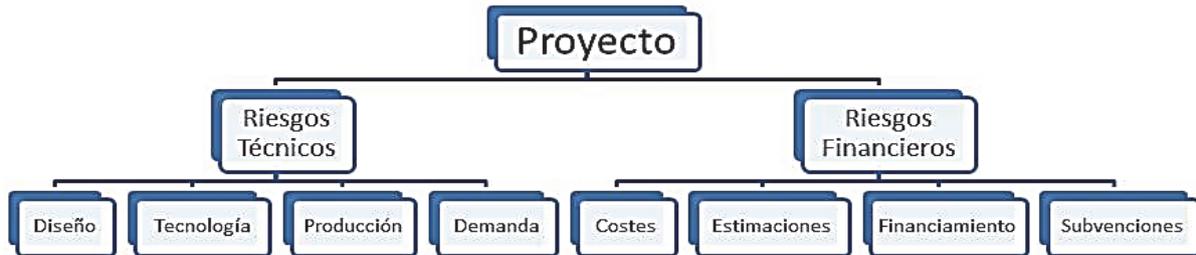


En la República Dominicana aún existen barreras tales como el alto riesgo de inversión percibido y real o la falta de instrumentos de compensación de riesgos adecuados que impiden el crecimiento sostenible, además, dado que el país no cuenta con grandes fondos de financiación que aseguren la viabilidad 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.

### 3.2. Recopilación de la Información

El cliente en este caso de estudio es un banco que pretende construir una instalación solar fotovoltaica en la zona de aparcamiento de sus oficinas principales en la ciudad de Santo Domingo para cubrir parte de su demanda eléctrica. En la primera fase del análisis se elaborará el plan de gestión de los riesgos definiendo la estructura de realización del proyecto. Este plan incluirá 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.

Figura 5: Estructura del Desglose del Riesgo (Fuente: Elaboración Propia)



La categorización no sólo proporcionará una estructura que asegure un proceso completo de identificación sistemática con un nivel de detalle coherente, sino que contribuirá a garantizar la efectividad y calidad de esta fase.

Para llevar a cabo la extracción del conocimiento, se recurrirá a un grupo de 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 encargarán de identificar y comparar los riesgos con la finalidad de obtener una mayor consistencia en los resultados.

Tabla 1: Recopilación de la Documentación (Fuente: Elaboración Propia)

Resumen de las condiciones definidas del proyecto				
Objetivos del Proyecto	Dimensionado	Diseño	Consumo Eléctrico	Análisis Económico
Instalación Solar	Radiación: 4.01 Kw.h/m <sup>2</sup> .día	Rendimiento de Transformación 80 %	Consumo Promedio: 66.461,54 kWh/Mes	Costo= 234.014,25 US\$
Localización: Santo Domingo	Paneles de 300 w Suniva MVX300	10 Paneles en Serie	Consumo Estimado: 114,00 Kwh/ día	Descuento por Ley= 40 %
Conectada a Red	Cantidad de Paneles= 380	38 Paneles en Paralelo	Consumo Anual: 864.000 Kwh	Precio del Kwh= 0,18 US\$
Lugar: Parque del Banco Caribe	Velocidad del Viento: 105 mph	Rendimiento del Seguimiento 96 %	Producción Mensual: 12515,17 Kwh	Ahorro Anual Estimado= 26687,63 US\$
Área: 761.5 m <sup>2</sup>	Área de utilizada: 737 m <sup>2</sup>	Umax inv= 600 V,	Porcentaje de Consumo Ahorrado: 19 %	Beneficio en 10 años: 156.212,60 US\$

Latitud: 18,47 N	Vida útil: 25 años	Umin inv= 230 V	Potencia Anual: 2609,76 Kw	Pay Back: 5 años
Altitud: 56 m	Inversores Fronius CL 55.5 Delta	Sistema de Montaje: Unirac	Valor de Producción Mensual= 2223,97 US\$	Beneficio en 25 años: 924.707,99 US\$
Inclinación Óptima: 8.47°	Cantidad de Inversores= 2	5 Combiner Box	Promedio de Potencia Anual: 200,75 Kw/mes	TIR en 10 años: -3 %
Azimut: 0°	Potencia Nominal del Inversor= 56 Kw	Potencia Nominal del Generador= 114 Kw	Promedio de Energía Normalizada: 180,71 Wh/Wp	TIR en 25 años: 20 %

Para que los expertos descubran los riesgos del proyecto con mayor facilidad después de revisar la documentación se les proporcionará un cuestionario utilizando la técnica Delphi que constará de dos fases, en la primera fase se realizarán las siguientes preguntas abiertas:

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?

Con estas respuestas iniciales se ha elaborado la segunda fase combinado Delphi con la técnica Checklist:

4. Marque con una X cuales de estos riesgos técnicos, en caso de ocurrir, podrían afectar la rentabilidad de la instalación.
  - Falta de Mantenimiento
  - Pérdidas por Sombras
  - Daños 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 Legislativo
  - Costos del Mantenimiento
  - Variabilidad del VAN
  - Falta de Financiación
  - Alto Pay Back

En esta fase los expertos valorarán, jerarquizarán y compararán 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.

**Tabla 2: Informe final de la Selección de los Riesgos (Fuente: Elaboración Propia)**

Riesgos Identificados		
Riesgos Técnicos	Riesgos Financieros	Posible Priorización
	Cambios en el Marco Legislativo	1
Daños por Fenómenos Atmosféricos		2
	Falta de Financiación	3
Falta de Suministro y Reemplazos		4
Perdidas por Sombras		5
Falta de Mantenimiento		6
	Alto Pay Back	7
	Variabilidad del VAN	8
	Costos del Mantenimiento	9

Una vez realizada la recopilación de documentación e identificación de riesgos se podrá abordar la siguiente etapa, ésta consistirá en efectuar un análisis de supuestos y en identificar las causas de ocurrencia.

### 3.3. Análisis de Supuestos

Cada riesgo identificado se habrá definido de forma que tenga en consideración un grupo de hipótesis las cuales podrán ocurrir una vez explorada 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 propios de la zona caribeña que puedan ocasionar daños en la instalación.
4. Posibles errores en la previsión económica dado 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.

Revisando la consistencia de estos escenarios resulta posible realizar una clasificación de los riesgos determinados según el carácter de los supuestos:

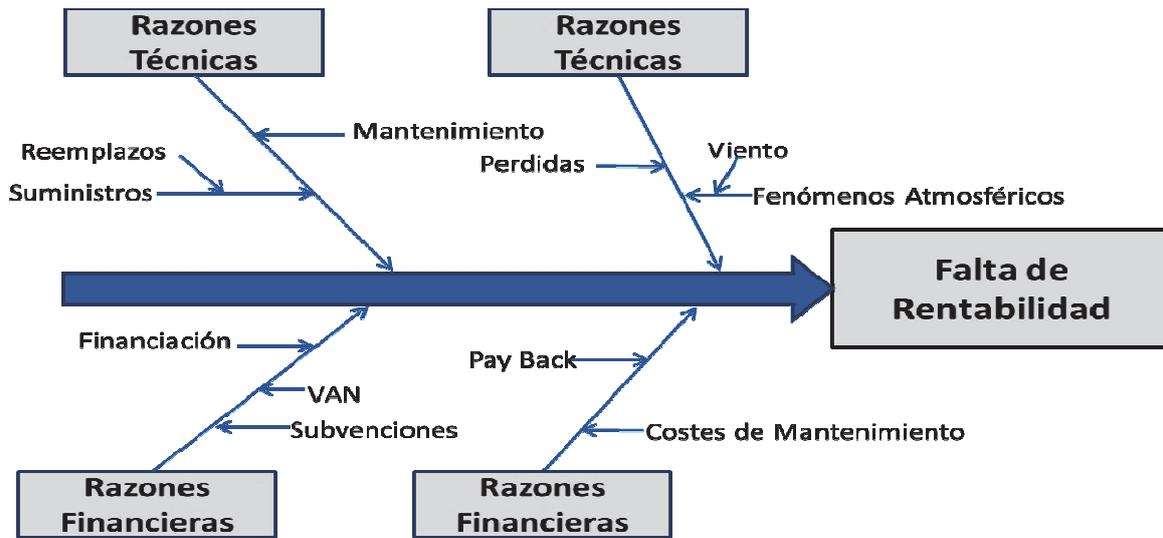
**Tabla 3: Revisión de la Consistencia de los Riesgos. (Fuente: Elaboración Propia)**

Clasificación de los Riesgos según el carácter de los supuestos				
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

### 3.4. Aplicación de Técnicas de Diagramación

Con el diagrama de causa y efecto se enlazarán los problemas con sus causas principales y secundarias con la finalidad de facilitar la organización de las relaciones existentes.

Figura 6: Diagrama de Causa y Efecto (Fuente: Elaboración Propia)



Posteriormente se construirá un diagrama DAFO que permita 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.

Tabla 4: Análisis DAFO del Proyecto. (Fuente: Elaboración Propia)

DAFO Análisis	Fortalezas	Debilidades
Análisis Externo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuente de energía de larga vida y con coste muy bajo de operación</li> <li>• Recurso solar abundante en la zona</li> <li>• Reducción de gastos energéticos</li> <li>• Apoyo gubernamental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ocupación prácticamente inmodificable del terreno durante 25 años</li> <li>• Alta inversión inicial</li> <li>• Falta de Oportunidades para el Financiamiento</li> </ul>
Análisis Interno	Oportunidades	Amenazas (Riesgos)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyectos beneficiosos al medio ambiente</li> <li>• Mejoras en la imagen empresarial</li> <li>• Ahorro en el consumo eléctrico</li> <li>• Beneficio económico a largo plazo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios en el Marco Legislativo</li> <li>• Daños por Fenómenos Atmosféricos</li> <li>• Falta de Financiación</li> <li>• Falta de Suministro y Reemplazos</li> <li>• Perdidas por Sombras</li> <li>• Falta de Mantenimiento</li> <li>• Alto Pay Back</li> <li>• Variabilidad del VAN</li> <li>• Costos del Mantenimiento</li> </ul>

### 3.5. Evaluación de Juicio de Expertos

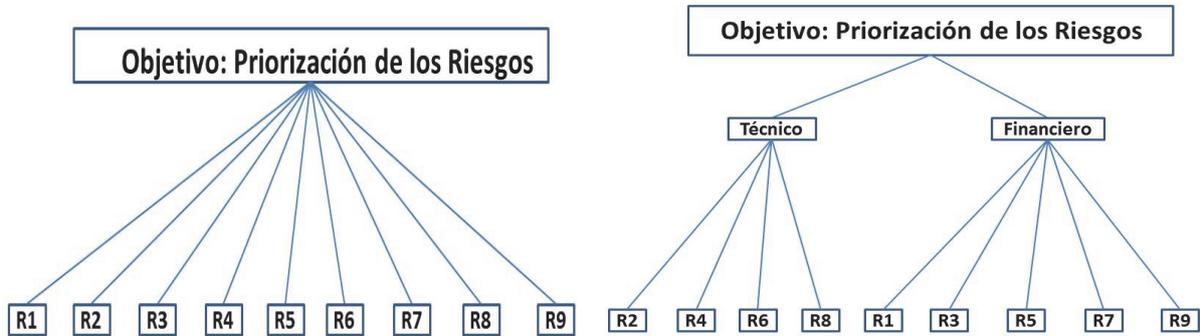
Para aplicar la metodología AHP descrita con anterioridad al problema de decisión planteado se elaborará un cuestionario que, a partir de documentos del proyecto y la aplicación de las técnicas anteriores, permitirá identificar y priorizar los riesgos que afectan a la rentabilidad de la instalación directamente.

Dicho cuestionario describirá el problema de forma sintetizada utilizando la escala de preferencia de (Saaty, 2000) para realizar el proceso de comparación y, permitirá construir dos estructuras jerárquicas diferentes a partir de la categoría de los riesgos (técnicos y financieros), éstos constituirán los criterios a evaluar por el grupo de expertos.

El cuestionario se realizará de forma que será posible aplicar el proceso AHP estructurando los riesgos por un lado de forma global (AHP 1), y por otro clasificándolos previamente en función de si el riesgo es de tipo técnico o financiero (AHP 2). En la estructura AHP 1 se evaluará la importancia que tienen los riesgos globalmente efectuando una combinación

binaria entre elementos situados en el mismo nivel de la jerarquía, dado que todos los criterios en esta estructura están situados en el mismo nivel, la combinación se realizará entre la totalidad de riesgos. En la estructura AHP 2 se evaluará la importancia de cada uno de los riesgos dependiendo de si es de tipo técnico o financiero.

Figura 7: Estructuras Modélicas Jerárquicas AHP del Caso (Fuente: Elaboración Propia)

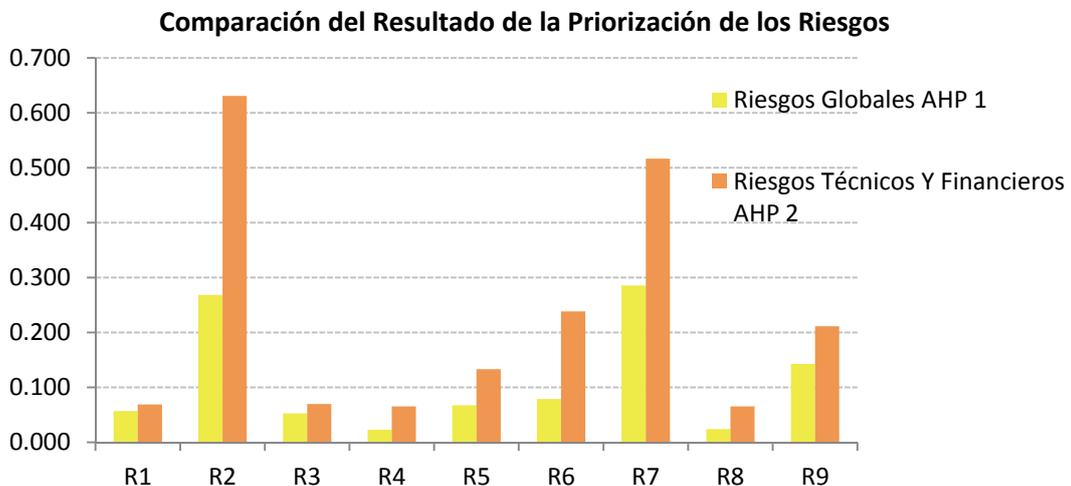


El cuestionario proporcionará una serie de resultados que serán modelados en una hoja de cálculo Excel midiendo la consistencia del experto para obtener una priorización precisa. Efectuando posteriormente una comparación gráfica y analítica del resultado obtenido (Figura 8).

Tabla 5: Orden de la Priorización de los Riesgos (Fuente: Elaboración Propia)

AHP 1			AHP 2		
Resultados	Riesgos	Ranking	Resultados	Riesgos Técnicos	Ranking
0,057	R1: Alto Pay Back	6	0,631	R2: Perdidas por Sombras	1
0,268	R2: Perdidas por Sombras	7	0,066	R4: Daños por Fenómenos Atmosféricos	4
0,053	R3: Costes del Mantenimiento	7	0,238	R6: Falta de Mantenimiento	2
0,023	R4: Daños por Fenómenos Atmosféricos	9	0,066	R8: Falta de Suministro y Reemplazos	3
0,068	R5: Variabilidad del VAN	5	<b>Orden: R2&gt;R6&gt;R8&gt;R4</b>		
0,079	R6: Falta de Mantenimiento	4	Resultados	Riesgos Financieros	Ranking
0,285	R7: Cambios en el Marco Legislativo	1	0,069	R1: Alto Pay Back	5
0,024	R8: Falta de Suministro y Reemplazos	8	0,070	R3: Costes del Mantenimiento	4
0,143	R9: Falta de Financiación	3	0,133	R5: Variabilidad de VAN	3
<b>Orden: R7&gt;R2&gt;R9&gt;R6&gt;R5&gt;R1&gt;R3&gt;R8&gt;R4</b>			0,517	R7: Cambios en el Marco Legislativo	1
			0,211	R9: Falta de Financiación	2
			<b>Orden: R7&gt;R9&gt;R5&gt;R3&gt;R1</b>		

Figura 8: Comparación Gráfica de los Resultados (Fuente: Elaboración Propia)



Observando el orden de prioridad obtenido en cada caso se aprecian dos tendencias en los riesgos finalmente identificados. Mientras que un grupo mantiene el mismo orden de priorización, el restante cambia un peldaño en la escala de priorización (rectángulos rojos en la tabla 6).

**Tabla 6: Comparación del Orden de Priorización de los Riesgos (Fuente: Elaboración Propia)**

<b>Comparación Analítica de los Resultados</b>		
<b>Riesgos</b>	<b>Orden AHP 1</b>	<b>Orden AHP 2</b>
R1: Alto Pay Back	0,057(6)	0,079(7)
R2: Perdidas por Sombras	0,268(2)	0,631(1)
R3: Costes del Mantenimiento	0,053(7)	0,070(6)
R4: Daños por Fenómenos Atmosférico	0,023(8)	0,066(9)
R5: Variabilidad del VAN	0,088(5)	0,133(5)
R6: Falta de Mantenimiento	0,070(4)	0,211(3)
R7: Cambios en el Marco Legislativo	0,285(1)	0,517(2)
R8: Falta de Suministro y Reemplazos	0,024(8)	0,066(8)
R9: Falta de Financiación	0,143(3)	0,211(4)

#### 4. Conclusiones

Tras el análisis realizado se observa una variación mínima en el orden de prioridad de los riesgos identificados, incluso un grupo no tiene variación alguna: daños por fenómenos atmosféricos, variabilidad del VAN y la falta de suministro y reemplazos siendo estos los establecidos en los lugares de menor prioridad.

Ha sido posible establecer un grupo de cuatro riesgos que marcan la tendencia de importancia: cambios en el marco legislativo, pérdidas por sombras, falta de financiación y la falta de mantenimiento a partir del orden de estos riesgos se refleja la estabilidad en los demás.

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

Con esta comparación no sólo se verifica que los riesgos técnicos y financieros afectan de igual forma a la rentabilidad de las instalaciones de energías renovables, sino también que la prioridad de respuestas y control suelen ser las mismas.

Cumpliendo con los objetivos del estudio de combinar diferentes metodologías para identificar, categorizar y priorizar, se han identificado los problemas que afectan la rentabilidad en una instalación destinada a las energías renovables en República Dominicana obteniendo un modelo para la gestión de riesgos técnicos y financieros.

Al aplicar este proceso a un caso real identificando los riesgos es posible controlar y mitigar posibles ocurrencias, los resultados obtenidos son satisfactorios y validan el proceso arrojando que la rentabilidad económica supone un gran problema aportando así garantías previas a la contratación de este tipo de proyectos.

Para posibles mitigaciones es importante tener en cuenta las condiciones de financiación dadas en el entorno del proyecto, además conviene realizar previsiones claras del mantenimiento, cálculos técnicos y disponer de datos precisos de la estabilidad legislativa del territorio.

Este modelo es necesario en la fase crítica de evaluación de este tipo de instalaciones, además es recomendable su aplicación en la gestión de riesgos en proyectos de servicios energéticos a desarrollar en países con necesidad de inversión en tecnologías renovables.

Como posibles estudios o análisis futuros se podría plantear la aplicación de otras técnicas y herramientas de decisión que generen un proceso eficaz capaz de abordar el análisis cualitativo y cuantitativo en la gestión de riesgos.

## Referencias

- 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.
- Aragones-Beltran, P., Chaparro-Gonzalez, F., Pastor-Ferrando, J., & Rodriguez-Pozo, F. (2010). An anp-based approach for the selection of photovoltaic solar power plant investment projects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(1),249-264.
- 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.
- Arnold, U.,& Yildiz, O. (2014). Economic risk analysis of decentralized renewable energy infrastructures e A Monte Carlo Simulation approach. *Renewable Energy*, 77, 227-239.
- Barato, J. (2010). Planificación de Riesgos (sesión 6/18). Curso de preparación para el examen PMP. Project Manager Profesional. Región de Murcia.
- 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.
- 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). LINEA DE FINANCIAMIENTO IFC Financiamiento sostenible para clientes BHD. Publicado por: Comisión Nacional de Energía. República Dominicana.
- 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.
- Kleindorfer P.R., Singhal , K. & Van Wassenhove L.N.(2009) , Sustainable Operations Management, *Production and Operations Management*, 14 (4), 482–492.,
- 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.
- PMBok (2012). *Project Management Institute. \Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía PMBOK)".* 5a ed.,Pennsylvania USA.
- Saaty,TL. (2000). *Fundamentals of Decision Making and priority theory with the Analytic hierarchy Process*. Pittsburgh: RWS Publications. Y Saaty,TL. (2005). *Theory and Applications of the Analytic Network Process*. Pittsburgh: RWS Publications.
- 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.