

# Análisis de toma de decisión con AHP/ANP de energías renovables en República Dominicana

(Recibido: 23/03/2015; Aceptado: 08/05/2015)

Guido C. Guerrero-Liquet, Juan Faxas-Guzmán

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

Teléfono: 657 616 415

Email: [gcgl0@alu.upct.es](mailto:gcgl0@alu.upct.es); [juan.faxas@upct.es](mailto:juan.faxas@upct.es)

**Resumen.** La República Dominicana ofrece una oportunidad de inversión extranjera al establecer un marco legal ventajoso para el desarrollo del sector energético mediante las Energías Renovables. Esta situación nos motiva a creer que habrá un crecimiento en el número de proyectos de Energías Renovables, y con ello la necesidad de utilizar distintos métodos de tomas de decisiones con el fin de seleccionar las alternativas adecuadas en las que invertir. En este estudio, comparamos las metodologías Proceso Analítico Jerárquico y el Proceso Analítico en Red para seleccionar el sistema de energía renovable más adecuado para el autoconsumo en edificaciones residenciales en Santo Domingo.

**Palabras clave:** Energías Renovables (EERR); Proceso Analítico Jerárquico (AHP); Proceso Analítico en Red (ANP); República Dominicana (RD).

**Abstract.** The Dominican Republic offers an opportunity for domestic and foreign investment by establishing an advantageous legal framework for the development of the energy sector through Renewable Energy. This leads us to believe that there will be a growth in the number of Renewable Energy projects, hence, the use of different decision making methods become a need, in order to choose the best alternative in each case. In this paper, we compare methodologies Analytic Hierarchy Process and Analytic Network Process to select the most suitable system of renewable energy for consumption in residential buildings in Santo Domingo.

**Keywords:** Analytic Hierarchy Process (AHP); Analytic Network Process; (ANP); Dominican Republic (DR); Renewable Energy (RES).

## 1. Energías renovables en la Republica Dominicana

La República Dominicana históricamente ha tenido una fuerte dependencia energética. Hasta el 2011, un 87.7% de la energía utilizada en el país provenía de recursos energéticos adquiridos en el exterior [1]. La energía es considerada un sector estratégico para garantizar la estabilidad y seguridad del desarrollo económico del país. Por esta razón, el gobierno dominicano ha decidido impulsar las energías renovables mediante la promulgación de la Ley No. 57-07, la cual posee un paquete económico de incentivos fiscales y facilidades de financiación para proyectos de distintas tecnologías limpias [2].

Este marco legal también ampara a los autoprodutores de energía que utilizan tecnologías renovables, a los cuales se les aplica el reglamento de medición neta. En este reglamento, el autoprodutor podrá verter el excedente de su producción de energía renovable, y esa energía se le descontará de forma mensual al total de energía consumida, facturada por la compañía distribuidora. Este sistema hace que instalaciones pequeñas (no mayores de 25kW para clientes residenciales) sean realmente interesantes [3].

La República Dominicana se encuentra situada en el archipiélago de las Antillas Mayores. A una latitud de 19° norte, se caracteriza por un clima tropical.

Esta característica geográfica ofrece un gran potencial para la energía solar, por lo que una de las formas más interesantes de sistemas para el autoconsumo son las instalaciones de energía fotovoltaica. Otros recursos renovables como la energía eólica y la biomasa existen también en el territorio nacional, pero su disponibilidad está más limitada debido a que sólo se encuentran en lugares puntuales.

## 2. Toma de decisión multicriterio

El análisis de toma de decisiones multicriterio es la metodología que permite ayudar a ejecutivos de empresas y sus organizaciones, los responsables políticos, directores de proyectos y, en general, a todos los profesionales que ocupan posiciones donde se tengan que adoptar decisiones complejas durante el transcurso de sus actividades.

Entre las metodologías de toma de decisión multicriterio destacan por su amplia utilización científica los métodos: Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y la generalización de éste el método Proceso Analítico en Red (ANP) desarrollados por el Profesor Thomas L. Saaty [4].

### 2.1. Proceso analítico jerárquico AHP

El método AHP propone una manera de ordenar el pensamiento analítico, del cual se destacan tres principios básicos: el principio de la construcción de

jerarquías, el principio de establecimiento de prioridades y el principio de la consistencia lógica.

Mediante esta metodología, el problema se modela a través de una estructura jerárquica, utilizando para ello una escala de prioridades basada en la preferencia de un elemento sobre otro, posteriormente se sintetizan los juicios emitidos y el método proporciona un ranking u ordenación de las alternativas de acuerdo a los pesos obtenidos [5].

## 2.2. Proceso analítico en red ANP

El método ANP es una generalización del método 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.

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 pertenecientes a cada criterio.

La mayor diferencia entre ambas metodologías es que ANP permite incluir relaciones de interdependencia y realimentación entre elementos del sistema, mientras que los elementos en la metodología AHP son linealmente independientes. Por otro lado en el método ANP no es necesario establecer diferentes niveles ya que, permite obtener una representación del problema de decisión en un entorno complejo con una estructura en red y no una estructura jerárquica.

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.

## 3. Definición, planteamiento y localización del caso de estudio

En Santo Domingo, se requiere abastecer un edificio de 8 viviendas multifamiliares que tienen un consumo de área común de 3,657.23 kWh mensual, de los cuales 1,034.34 kWh es demanda de calor. El colectivo del edificio quiere aprovechar las facilidades que les da la Ley 57-07 sobre incentivos al desarrollo de fuentes renovables de energía y sus regímenes especiales en República Dominicana para su posible autonomía.

Para esto se necesita evaluar el potencial de las energías renovables para abastecer el edificio y hacer un proyecto en condiciones viables, contaminando menos las grandes ciudades, evitando la emisión de CO<sub>2</sub> y mejorando la eficiencia energética. Todo esto al menor costo posible y al mismo tiempo favoreciendo: la disponibilidad energética del edificio su autoabastecimiento y su autofinanciación.

Para aplicar las metodologías descritas con anterioridad al problema de decisión planteado se han establecido tres fases que permitirán obtener la información mediante una encuesta a expertos:

### 1. La Formulación del problema:

En esta fase hemos sintetizado la definición y el planteamiento del problema para que los expertos puedan manejar la información cómodamente.

Las soluciones energéticas que reflejan una alternativa de energía renovable viable al proyecto son:

- A1: Energía fotovoltaica.
- A2: Energía eólica.
- A3: Energía de la biomasa.
- A4: Energía termo solar

Los criterios considerados para la mejor elección de entre las alternativas en el caso del método AHP son: viabilidad, rentabilidad, tecnología, rendimiento, eficiencia e impacto ambiental. Para el caso del método ANP, dichos criterios se definieron como sub-criterios y se evaluaron dentro de los criterios principales: eléctricos, técnicos, económicos, medio ambientales, de mantenimiento y políticos.

### 2. Selección de los expertos:

La selección no solo se ha regido por el nivel académico o jerárquico del experto, sino también de su experiencia laboral obtenida a lo largo de los años en la República Dominicana.

Para aplicar el método AHP, se han seleccionado tres expertos con la finalidad de poder realizar un análisis de manera individual inicialmente y, posteriormente de manera agregada. De esta forma será posible llevar a cabo una comparación rigurosa y exhaustiva.

El experto más consistente que ha proporcionado el análisis de sensibilidad del modelado con AHP, es el escogido para aplicar la metodología ANP, por ser esta más extensa y compleja.

### 3. Formulación de los cuestionarios:

Se ha realizado la extracción del conocimiento a través de un cuestionario basado en las metodologías a utilizar y que permitirá analizar las respuestas de los expertos en base al problema planteado, se ha utilizado la escala fundamental elaborada por Saaty para cada método. [4]

## 4. Modelización del caso de estudio

Para obtener resultados óptimos hemos calculado también la forma agregada de modelación del AHP, que es la combinación de los resultados obtenidos de la encuesta de los tres expertos utilizados.

Después de realizar los cálculos en una hoja de Excel procedemos a presentar los resultados obtenidos:

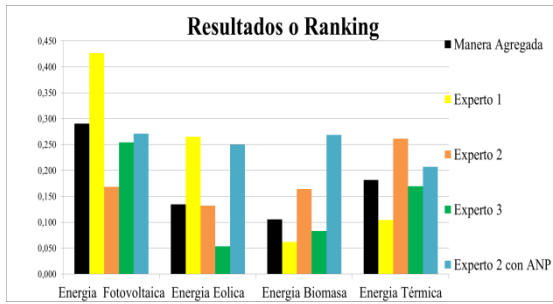


Fig. 1. Resultados obtenidos.

La Fig. 1 muestra los resultados con AHP y los arrojados por el experto más consistente han sido modelados con ANP debido a la diferencia y complejidad de los resultados para ser comparados.

Para evaluar el modelo de decisión de AHP se hace un análisis de sensibilidad, comparando el ratio de consistencia de los expertos.

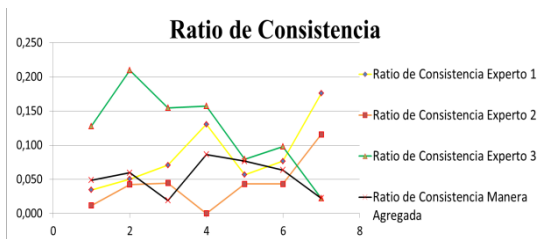


Fig. 2. Ratio de Consistencia de los expertos.

En la Fig. 2 podemos observar que el experto 2 es el más consistente ya que es el que más pesos tiene admitidos como válidos (con un Ratio de Consistencia menor del 10 %).

En la Fig. 3 vemos los resultados de ANP que a diferencia de AHP muestran que la energía solar fotovoltaica es la forma de generación más adecuada para el autoconsumo; este resultado presenta una ligera distancia ante la biomasa que es la segunda opción.

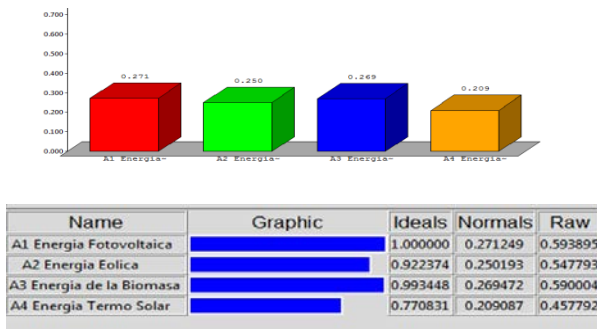


Fig. 3. Resultados del ANP con SuperDecisions [6]

### 4.1. Análisis comparativo

A modo de evaluación de los métodos AHP y ANP, la Tabla 1 muestra una comparación entre los resultados arrojados con las evaluaciones del experto:

Tabla 2. Comparación del Ranking en el caso de estudio.

Alternativas	AHP		ANP	
	Resultados	Ranking	Resultados	Ranking
A1 Fotovoltaica	0.169	2	0.271	1
A2 Eólica	0.132	4	0.250	3
A3 Biomasa	0.164	3	0.269	2
A4 Térmica	0.261	1	0.207	4

### 5. Conclusiones

El método ANP le exige conocer mejor y definir con mayor precisión el problema que en AHP, de acuerdo a la complejidad del caso se ha podido identificar consideraciones tales como la producción energética y el suministro de la demanda obteniendo así un resultado más efectivo con ANP.

A la hora de tomar la mejor decisión en casos de estudios de energías renovables en República Dominicana y países emergentes hemos comprobado que es eficaz y beneficioso realizar análisis de decisión aplicando los métodos AHP y ANP.

### Referencias

- [1] Comisión Nacional de Energía. (2014). PROSPECTIVA DE LA DEMANDA DE ENERGÍA DE REPÚBLICA DOMINICANA.
- [2] 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).
- [3] Comisión Nacional de Energía. (2012). Reglamento de Medición Neta.
- [4] Saaty, TL. (2000). Fundamentals of Decision Making and priority theory with the Analytic hierarchy Process. Pittsburgh: RWS Publications.
- [5] 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.
- [6] The SuperDecisions Software implements the Analytic Network Process, Creative Decisions Foundation 4922 Ellsworth Avenue, Pittsburg, PA15213 USA: <http://www.superdecisions.com>