

Resumen

Este trabajo tuvo como objeto el desarrollo de una metodología para la evaluación integral de proyectos en el sector energético. La comparación de diversos métodos de análisis multicriterio permitió seleccionar al Proceso de Jerarquías Analíticas de Saaty como la plataforma metodológica de referencia para la realización del trabajo. Una investigación sobre el sector energético proporcionó una visión de conjunto del mismo y de las características de cada uno de diecinueve tipos de recursos energéticos estudiados. Tomando como punto de partida tales características fue posible seleccionar un grupo de 76 aspectos diferenciadores que podían afectar la priorización de proyectos en el área; éstos fueron reducidos progresivamente a 59, 44 y 24 aspectos principales que se agruparon de acuerdo a su naturaleza, en seis dimensiones: técnica, económica, ambiental, social, estratégica y de riesgo. La reducción se realizó en base a rondas de consulta a expertos, reflexión y al análisis estadístico de las opiniones recabadas. A cada aspecto se asignó un objetivo y un criterio que guiase la evaluación del grado de cumplimiento del primero por parte de un proyecto bajo estudio. Los criterios seleccionados fueron agrupados en una estructura jerárquica de tres niveles y se diseñó un sistema de 24 indicadores de naturaleza cuantitativa y cualitativa, acorde con la misma. Para cada indicador se creó una ficha resumen contentiva de su definición, su unidad de medida, las posibles fuentes de información para su estimación y se creó una escala [1-5] para su medición. Todo el conjunto fue validado de nuevo por académicos y profesionales en una segunda ronda de entrevistas, donde se recogió además información sobre la importancia de cada criterio en comparaciones por pares entre criterios del mismo nivel. La información fue procesada con ayuda de la herramienta computacional Expert Choice® que además permitió verificar la consistencia de la data aportada por cada participante. El producto final de esta etapa del trabajo fue un modelo jerárquico de criterios para la evaluación de propuestas de inversión en el sector energético. En el modelo, la mayor importancia correspondió a la dimensión riesgo (24,3%) seguida de las dimensiones ambiental (20,5%) y económica (15,9%). Las dimensiones técnica (13,7%), estratégica (13,5%) y social (12,2%) tuvieron importancias relativas menores.

El modelo de valor diseñado se utilizó conjuntamente con técnicas de programación lineal en la evaluación de posibles soluciones al *suministro de energía eléctrica en Venezuela*, ante la crisis que vive el país y que tuvo su máxima expresión en el año 2010. El objetivo a cumplir se estableció como el diseño de una matriz eléctrica a implementar a lo largo del período 2011-2025, basada en los potenciales desarrollables de cada fuente energética que posee el país y en su demanda estimada; y sujeta a las limitaciones financieras de la nación y a los

compromisos y convenios internacionales que la misma ha suscrito. Para su uso como insumo a la resolución del problema, se proyectó la demanda eléctrica del país al período señalado, en tres escenarios que difieren en el crecimiento económico esperado. Nueve opciones correspondientes respectivamente a la utilización de derivados de petróleo, gas, carbón, biomasa, energía nuclear y, potencial hidráulico, eólico, solar y geotérmico como insumo energético primario a la generación eléctrica, fueron evaluadas de acuerdo con el modelo de valor diseñado. La información de fuentes oficiales requerida para la estimación de los indicadores de índole cuantitativa para cada alternativa, resultó escasa y no consistente; de esta forma gran parte de la data utilizada fue obtenida de publicaciones internacionales y de expertos en el sector privado del país. Una tercera ronda de entrevistas a expertos en el sector público y privado, proporcionó la información necesaria para la estimación de los indicadores de índole cualitativa. La consolidación de la información en un coeficiente de robustez para cada alternativa permitió identificar a la opción eólica como la mejor opción, seguida de la generación hidráulica y de la generación basada en gas. La generación nuclear resultó por mucho, la peor opción.

Los coeficientes de robustez obtenidos fueron insumo a un modelo de programación lineal cuya resolución permitió identificar la 'mejor combinación' de las potenciales opciones de generación a instalar entre las evaluadas en el paso anterior, que se ajustase a las condiciones existentes en el país. Un análisis de sensibilidad de los resultados a cambios en las restricciones impuestas al modelo, rindió dos soluciones que difieren sólo en la participación o no, de la opción nuclear en ellas. Ambas, incluyen la opción hidráulica mayoritariamente ($\geq 32\%$) y una contribución de un 15% de energía eólica, además de las opciones de petróleo, gas y carbón. Cada una de ellas, de implementarse, es capaz de añadir 120.000 GWh al suministro eléctrico al país, para el año 2025. La capacidad de generación a instalar durante el período 2013-2025, se acerca a 28 GW; y el presupuesto necesario para ejecutarla, a 65 mil millones de US\$; y entre 1,5 y 2 veces esta cifra, si se incluye la adecuación de la red para distribuir la electricidad producida. La puesta en marcha de la matriz eléctrica total para el país producirá unos 260.000 GWh para el año 2025, tendrá una participación $\geq 45\%$ de energía hidráulica y una contribución de un 6,9% de energía eólica. Se estima que se requiere un período de al menos 5 años para disponer de las primeras nuevas centrales eléctricas.

Finalmente, se propuso una metodología combinada para la evaluación multicriterio de alternativas de inversión institucional, técnica, económica y ambientalmente viables en el sector energético. Sí las alternativas son excluyentes, resultará suficiente para su evaluación y ordenamiento la aplicación del modelo jerárquico diseñado; si no es así, esta primera etapa debe completarse con el planteamiento de un modelo de programación lineal que maximice la robustez de la solución y la acerque más a las circunstancias propias del país sede.