

SELECCIÓN DE PROYECTOS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA MEDIANTE PROCESO ANALÍTICO EN RED (ANP)

Aragonés, P.; Chaparro, F.; Pastor, J.P.; Rodríguez, F.

Abstract

In this communication an application of the Analytic Network Process (ANP) to select photovoltaic solar energy projects is presented. These types of projects have a long procedure from the selection of the location to start the plant. This long process has a lot of risks of delay and, in the worst case, of paralysation.

In the case of study the manager of an important Spanish company of this sector has to decide in which project (from four alternative projects) would be better to invest based on the risks that have to be minimized. This manager identified 50 risks of delay or paralysation. With ANP multicriteria decision analysis method influences between elements of the network (groups of risks and alternatives) were considered and analysed.

Keywords: Multiple criteria decision analysis, Analytic Network Process, Photovoltaic solar energy projects

Resumen

En la presente comunicación se aplica el Proceso Analítico en Red (ANP) para seleccionar proyectos de energía solar fotovoltaica. Este tipo de proyectos tiene un largo proceso de tramitación desde la selección de la localización hasta la puesta en marcha de la planta. Este largo proceso tiene numerosos riesgos de retraso y, en el peor de los casos, de paralización.

En el caso de estudio el gerente de una importante empresa española del sector ha de decidir en qué proyecto (de entre 4 proyectos alternativos) sería mejor invertir basándose en los riesgos que se han de minimizar. Este gerente identificó 50 riesgos de retraso o paralización. Con método de análisis multicriterio de decisiones ANP se consideraron y analizaron las influencias entre los elementos de la red (grupos de riesgos y alternativas).

Palabras clave: Análisis multicriterio de decisiones, Proyectos de energía solar fotovoltaica, huertos solares, Proceso Analítico en Red (ANP)

1. Introducción

Los proyectos de inversión en plantas solares fotovoltaicas se espera que tengan una expansión importante en los próximos años en España. Este país reúne muy buenas condiciones para el desarrollo de esta fuente de energía, por el alto grado de irradiación media diaria y el número de días soleados que hay en la mayor parte del territorio. Una planta solar fotovoltaica, denominada también huerto solar, es una agrupación de instalaciones solares fotovoltaicas, instaladas en un mismo lugar, para la venta de toda la energía solar generada a la compañía eléctrica con la cual se haya establecido el contrato. La producción de este tipo de plantas oscila entre 3 MWp (Megavatio pico) y 50 MWp.

Diferentes empresas de tamaño menor que las grandes compañías eléctricas se están posicionando en el mercado y están empezando a invertir en este tipo de instalaciones. En la presente comunicación se analiza el caso que se le plantea a la dirección de una

importante empresa inversora española del sector energético cuando tiene que establecer una prioridad entre varios proyectos de implantación de centrales de energía solar fotovoltaica que tiene en cartera.

Se trata de un problema de decisión complejo porque, además de tener que seleccionar aquellos proyectos que cumplan un umbral deseado de rentabilidad, hay que considerar los que tengan menos riesgos a la hora de su propuesta, tramitación, construcción, puesta en marcha y mantenimiento. Por ello habrá que dar prioridad a los proyectos que, además de dar unas rentabilidades deseadas, se puedan ejecutar en el mínimo tiempo posible. Este tipo de empresas que ejecutan los proyectos y luego explotan la instalación construida, no pueden tener sus recursos parados a la espera de la obtención de los correspondientes permisos que se puedan demorar o de negociaciones con la compañía eléctrica que no terminan de salir adelante.

El proyecto de un huerto solar, se caracteriza porque tiene que seguir un largo proceso de obtención de permisos (Tabla 1), negociación con diferentes actores (propietarios de los terrenos, autoridades locales y estatales, compañía eléctrica distribuidora), cumplimiento de una compleja legislación, además de resolver los problemas técnicos de construcción de la planta y evacuación de la energía generada. Todo este proceso hace que los proyectos que pueden ser muy rentables en el momento de su explotación, pueden tener también un alto riesgo de retrasos o incluso paralización.

	CARÁCTER PREVIO	CARÁCTER DEFINITIVO
Administración local	Licencia de obras	Licencia de actividad
Gestor de red	Punto de conexión	Conexión definitiva contrato
Órgano competente CC.AA.	Autorización Administrativa Inscripción provisional en el REPE	Acta puesta en marcha certificado de B.T. Inscripción definitiva en el REPE
Delegación de Hacienda	Alta en el I.A.E.	Obtención del C.A.E.

Tabla 1. Cuadro resumen de permisos

En este artículo se presenta un método de ayuda a la decisión, basado en el Proceso analítico en Red (Analytic Network Process, ANP) (Saaty, 1996, 2001), cuyo objetivo es ayudar a los directivos de una empresa del tipo que se ha descrito anteriormente a resolver el siguiente problema de decisión: *“Dado un conjunto de proyectos de inversión en plantas de energía solar fotovoltaica que se conoce que van a ser rentables para la empresa, se trata de establecer una prioridad entre estos proyectos en función del riesgo que tiene cada uno de ellos de demorarse en el tiempo. Se escogerá invertir en aquel o aquellos proyectos que tengan mínimo riesgo de demorarse en el tiempo”*.

Con el procedimiento que se propone se identifican los riesgos, se ponderan, se valoran los riesgos de cada proyecto propuesto y se establece una prioridad entre los proyectos en función de estos riesgos.

2 Breve descripción del método ANP

El Proceso Analítico en Red (ANP) es una generalización de la conocida técnica Proceso Analítico Jerárquico (AHP), que se utiliza en los procesos de toma de decisiones multicriterio (Saaty 1980, 1996, 2001). AHP se basa en la descomposición jerárquica del problema de

toma de decisiones en tres niveles: el objetivo fundamental de la decisión, los criterios y las alternativas. El método utiliza comparaciones pareadas para ponderar los criterios y para establecer las prioridades de las alternativas respecto a cada uno de los criterios. Estas comparaciones pareadas se realizan teniendo en cuenta una escala determinada de comparación propuesta por el autor del método. Los fundamentos matemáticos del método AHP se pueden encontrar en (Saaty 1994, 1996).

AHP es conceptualmente sencillo de utilizar y fácil de entender para los decisores, sin embargo su estructura jerárquica no permite tener en cuenta las influencias entre los elementos que componen el sistema. ANP representa el problema de toma de decisión como una red en la que los elementos de la misma se agrupan en grupos de criterios y alternativas (por ejemplo, grupos de criterios económicos, políticos, sociales, etc y las alternativas). Los elementos de la red pueden influirse de diversas maneras: elementos de un grupo que influyen sobre elementos del mismo grupo y sobre elementos de otros grupos. Este modelo permite representar mejor la mayoría de los problemas reales de toma de decisiones.

Las influencias de los elementos en una red se representan en una supermatriz que se obtiene por comparación pareada entre los elementos que influyen sobre un elemento dado. De acuerdo con Saaty (2001), ANP comprende los siguientes pasos: i) identificación de los elementos de la red y sus relaciones, ii) establecer las correspondientes comparaciones pareadas y obtención de las correspondientes prioridades, iii) obtención de la supermatriz original y la supermatriz ponderada, iv) obtención de las prioridades finales de criterios y alternativas mediante la realización de los correspondientes cálculos.

Algunas aplicaciones recientes de ANP son las siguientes: selección de proyectos de I&D (Meade and Presley, 2002), (Mohanty et al., 2005); selección de proyectos de construcción (Chen and Li, 2005); selección de contratistas (Cheng and Li, 2004), selección de proveedores (Gencer and Gürpınar, 2007), decisiones de compras (Demirtas and Üstün, 2006); evaluación de diseños preliminares en el desarrollo de nuevos productos (Ayağ and Özdemir., 2007); valoración de activos (Aragonés-Beltrán, et al., 2008), (García-Melón, et al., 2007).

3 Descripción del proceso de toma de decisiones con ANP

El proceso se ha desarrollado conjuntamente entre el equipo de investigadores del Departamento de Proyectos de Ingeniería de la Universidad Politécnica de Valencia, expertos en MCDA, que ha asumido el papel de Equipo Analista (EA) y un alto ejecutivo de la empresa inversora, especialista en dirección y ejecución de proyectos de centrales solares fotovoltaicas, que ha jugado el papel de decisor (DM).

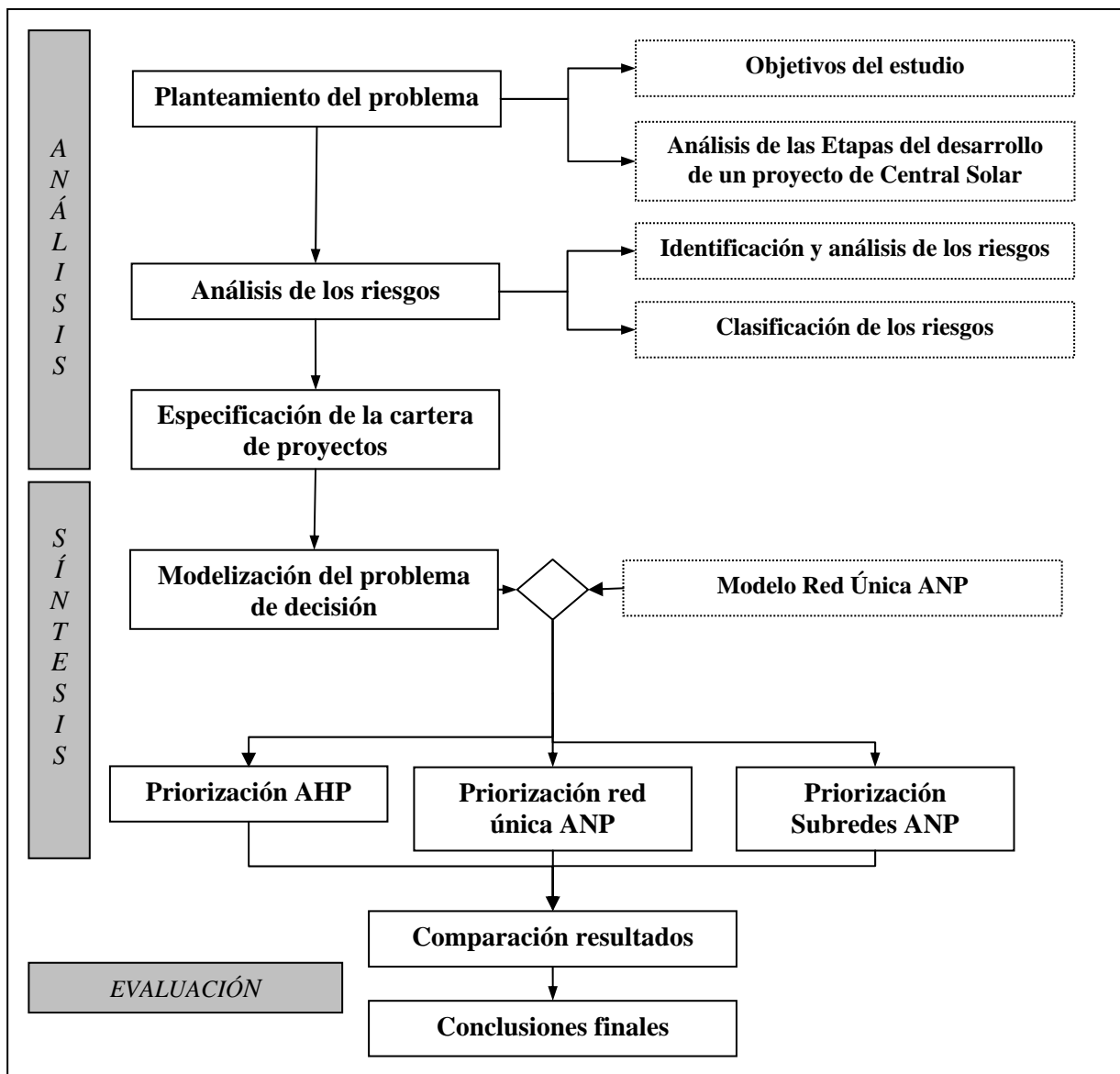


Figura 1. Proceso de toma de decisiones.

3.1 Fase de análisis

En esta fase se planteó el problema. En las dos primeras reuniones entre el Equipo Analista y el Decisor se enunció el problema de decisión y se estableció el objetivo del estudio. A continuación se realizó un análisis de las etapas de desarrollo de un proyecto de central solar fotovoltaica, se identificaron los riesgos y los cuatro proyectos que en el momento de realizar el estudio la empresa tenía en cartera. A continuación se describe cada etapa.

1. Análisis de las etapas de un proyecto de central solar fotovoltaica.

En esta etapa se analizó el proceso de desarrollo de un proyecto de central solar fotovoltaica desde su inicio, con la búsqueda de un emplazamiento, hasta la puesta en marcha, explotación y mantenimiento. En el Anexo 1 se enumeran esas etapas. Este análisis resultó muy útil para que el DM identificara los riesgos de demora o paralización que tienen este tipo de proyectos en cada una de las etapas.

2. Identificación de riesgos

Para identificar los riesgos el DM elaboró una lista, teniendo en cuenta el proceso del proyecto de una central de este tipo. Los riesgos identificados se agruparon en seis categorías: riesgos políticos (P), técnicos (T), económicos (E), de tiempo (los que pueden originar retrasos) (T), legislativos (L) y sociales (S). En total se identificaron 50 riesgos de último nivel, agrupados en 16 sub-grupos de segundo nivel. A su vez estos sub-grupos se agruparon en 6 grupos o categorías de primer nivel. La Tabla 2 muestra los riesgos identificados y agrupados.

3. Especificación de la cartera de proyectos

En esta etapa el DM identificó los proyectos que constituyeron las alternativas del proceso de decisión. Fueron seleccionados porque cumplían los criterios básicos de rentabilidad económica, viabilidad técnica y medioambiental que los hacía interesantes para que la empresa realizara la inversión. Se consideraron 4 proyectos alternativos.

3.2 Fase de síntesis

En esta fase se ponderaron los riesgos, se valoraron los niveles de cada riesgo para cada alternativa y se obtuvo la ordenación final deseada. En el presente trabajo, se ha aplicado ANP considerando que los grupos de riesgos y las alternativas constituyen una red única.

1. Determinación de la Red

El primer paso del método ANP es la representación del problema mediante una red. Los pasos necesarios para determinar la red son: i) determinación de los elementos, ii) determinación de los clusters y iii) determinación de la red de influencias. A la hora de establecer los clusters, en un principio se establecieron seis (Políticos, Técnicos, Económicos, De tiempo, Legislativos y Sociales), sin embargo, los clusters de riesgos económicos y técnicos contenían más de 9 elementos (número superior al recomendado). Este problema se solucionó estableciendo varios clusters de tipo económico y varios de tipo técnico con menos de 9 elementos cada uno. Con ello la red resultante consta de 12 clusters (Figura 2)

En este punto hay que hacer la siguiente consideración: aunque el objetivo fundamental es escoger el proyecto que tenga *mínimo riesgo*, a la hora de plantear las matrices de comparación para ponderar los riesgos y, siguiendo la escala fundamental de Saaty, salía con *mayor* peso el riesgo que tuviera *mayor* valoración. Es decir, al comparar la importancia de dos riesgos, el DM entendía mejor poner un 9 a aquel riesgo que era extremadamente más importante que el otro con quien se comparaba. Siguiendo este razonamiento, a la hora de valorar las alternativas respecto a cada uno de los riesgos, el DM pensó que era mejor considerar más importante la alternativa que tenía ese riesgo mayor respecto a la otra con la que se comparaba. Por ello, salía con *más* riesgo la alternativa con mayor *valor*. Así, en el resultado del ANP sale con mayor valor la alternativa que globalmente se considera que tiene más riesgos. Por eso, a la hora de expresar el objetivo principal se indica "maximizar el riesgo". Sin embargo, a la hora de tomar la decisión final considerando el conjunto de todos los riesgos es "*mejor*" la alternativa con "*menor valor*" y por tanto el proyecto valorado globalmente con menor riesgo será el escogido.

Riesgos Políticos	
Macroeconómicos	
C1	Cambios en Política energética
Urbanísticos	
C2	Logro Aprobación municipal
C3	Logro obtención Licencia de obras
Riesgos Técnicos	
Asociados a la naturaleza del emplazamiento	
C4	Adecuación tecnológica al cambio climático
C5	Estimación de riesgo de inundación
C6	Estimación horas efectivas de radiación
C7	Necesidad de explanación
C8	Problemas geotécnicos del terreno
Asociados a la tecnología	
C9	Desarrollo de nueva tecnología solar fotovoltaica
C10	Elección de la placa
C11	Elección del inversor
C12	Elección del seguidor solar
C13	Interconexión a la red
C14	Posibilidad de sistemas de generación eléctrica alternativos
Riesgos Económicos	
Asociados a la explotación	
C15	Costes de operación
C16	Costes del mantenimiento correctivo
C17	Costes del mantenimiento preventivo
C18	Perdidas de rendimiento
Asociados a la naturaleza del emplazamiento	
C19	Estimación rentabilidad a partir de las horas efectivas de radiación
C20	Estimación rentabilidad influenciada por el cambio climático
C21	Medios necesarios para la explanación
C22	Subsanación de la posibilidad de inundación
C23	Subsanación trabas geotécnicas
Asociados a la obtención de permisos de puesta en servicio	
C24	Coste de la conexión a red
C25	Coste del acuerdo con propietario del suelo
C26	Facilidad y posibilidad de construcción de la línea de interconexión
C27	Riesgo económico asociado a la obtención de la licencia de obras
Asociados a la tecnología	
C28	Costes por error en la elección de la placa
C29	Costes por error en la elección del inversor
C30	Costes por falta de consistencia en la elección del seguidor solar

Tabla 2.- Cuadro identificativo de riesgos y grupos

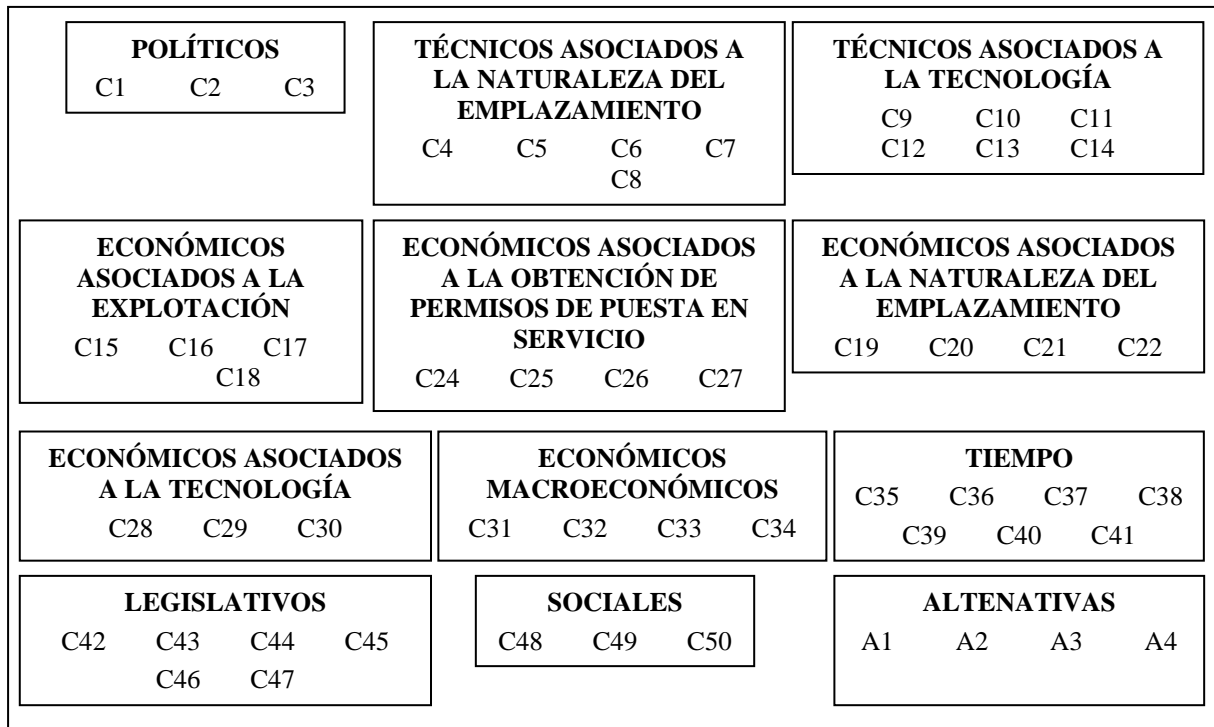


Figura 2. Grupos en el modelo ANP

Para la determinación de las influencias se elaboró una *matriz de dominación interfactorial* (Saaty, 2001) cuyos elementos a_{ij} adoptan el valor 1 ó 0 según si existe o no influencia entre el elemento i sobre el elemento j . Tanto las filas como las columnas de la matriz de dominación están formadas por todos los elementos que forman la red.

En ANP esta información numérica se traslada a información gráfica, estableciendo así el modelo de influencias de la red. Este paso tiene mucha trascendencia para el desarrollo posterior del método porque si se quiere trasladar la complejidad del caso real al modelo, el DM tiene que hacer una reflexión muy profunda, en base a su conocimiento y experiencia, sobre las influencias de unos elementos sobre otros. Si en este paso, el DM no identifica una influencia, el modelo no la tendrá en cuenta y se perderá una valiosa información. Por ello, se consideró imprescindible preguntar al DM sobre la influencia de cada riesgo sobre los demás y sobre las alternativas y viceversa. Al tener 50 riesgos identificados salían 2500 preguntas del tipo “¿considera que el riesgo R_i influye sobre el R_j ?” Para facilitar el trabajo al DM y optimizar su tiempo, el EA elaboró un cuestionario, organizado por clusters, que se hizo en dos etapas. En la primera etapa se le pidió al DM que analizara los diferentes grupos de criterios, p.e. los “políticos” y reflexionara, sobre si “algún elemento de este grupo influía o era influido por alguno de los riesgos de otro grupo, p.e. los “técnicos”. La pregunta así formulada fue: “¿En su opinión, algún riesgo político puede influir sobre algún riesgo técnico?”. El DM sólo tenía que marcar la casilla “sí” o “no” del cuestionario.

En la segunda etapa se realizó un segundo cuestionario en el que se preguntaba al DM por las relaciones elemento a elemento, pero sólo en aquellos clusters en los que en el cuestionario anterior el DM indicó que había alguna relación. Con esto se eliminaron muchas preguntas de detalle y se facilitó el trabajo al DM. Así las 2500 posibles preguntas se redujeron a 969 (se dio por supuesto que el grupo alternativas influía y era influido por todos los riesgos). Una vez respondido el cuestionario de influencias por parte del DM, se construyó el modelo, con la ayuda del software Super Decisions v1.6.0. (www.superdecisions.com) y se pasó a la siguiente etapa. La Figura 3 muestra las relaciones entre los grupos.

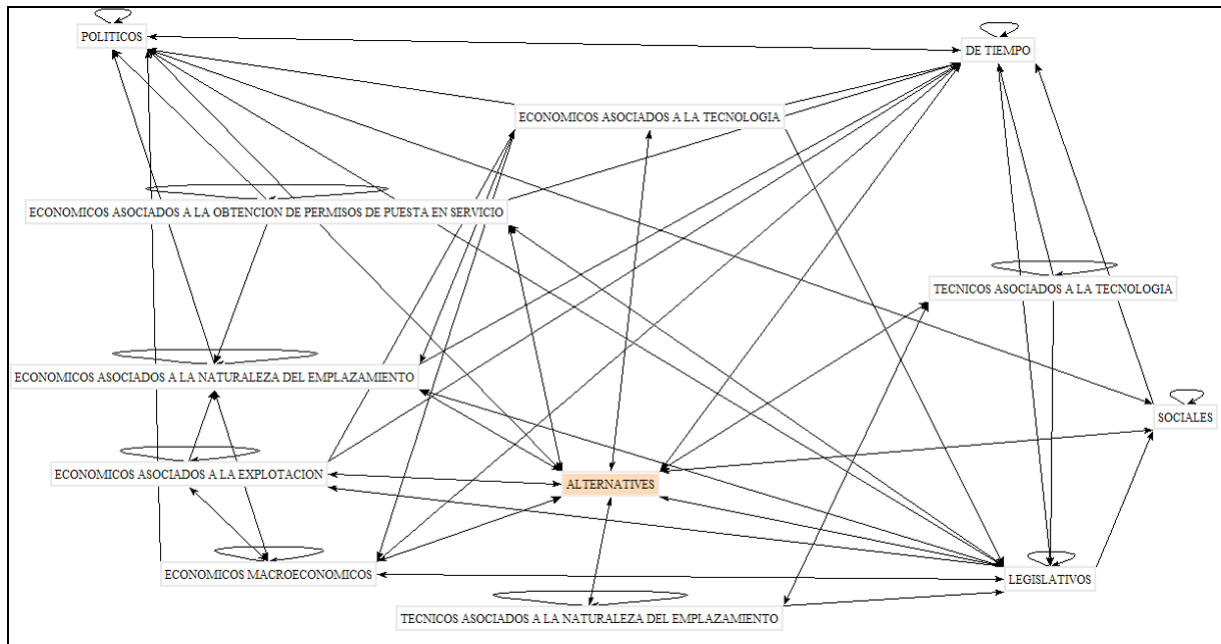


Figura 3. Relaciones en el modelo ANP

2. Determinación de las prioridades entre elementos y entre grupos.

En esta etapa se siguieron todos los pasos del método ANP. En primer lugar se determinaron las prioridades entre elementos relacionados para construir la supermatriz no ponderada. Para ello hay que tomar cada uno de los riesgos, analizar qué otros riesgos influyen sobre él y, por grupos, establecer las correspondientes matrices de comparaciones pareadas para obtener los correspondientes vectores de prioridad.

La forma de proceder es la siguiente: supongamos que algunos o todos los elementos (riesgos) e_{ik} del cluster C_k influyen sobre un elemento e_{ij} del cluster C_j (por ejemplo, los tres riesgos del cluster de “riesgos económicos asociados a la tecnología” influyen sobre el riesgo “costes del mantenimiento preventivo” del grupo de riesgos económicos asociados a la explotación). Se pretende determinar qué elementos (entre los que influyen) de C_k tienen más influencia sobre el elemento e_{ij} de C_j . Para ello se establece una Matriz de comparación pareada recíproca entre los elementos de C_k . Para rellenar cada componente de esta matriz hay que responder a $n(n-1)/2$ preguntas (siendo n el número de riesgos de C_k que influyen sobre e_{ij}). Esto se realiza para cada uno de los clusters cuyos elementos influyan sobre el elemento e_{ij} de C_j . De este modo en cada columna correspondiente a los elementos e_{ij} de la supermatriz no ponderada se pueden establecer bloques correspondientes a cada cluster que influye sobre este elemento y cuyos valores son el autovector que representa el nivel de influencia que los elementos de cada cluster ejercen sobre el elemento e_{ij} .

Dado que en este caso sobre un grupo de riesgos influyen varios riesgos de diversos clusters, la supermatriz no ponderada no es estocástica por columnas. Entonces, según Saaty (2001), hay que priorizar todos los clusters que influyen sobre cada grupo, estableciendo las correspondientes comparaciones por pares entre clusters. El valor correspondiente a la prioridad asociada a un determinado cluster pondera las prioridades por elementos del cluster sobre el que aquel influye (en la supermatriz no ponderada), obteniéndose de este modo la supermatriz ponderada.

Para realizar estos cálculos se elaboró un nuevo cuestionario de prioridades que tuvo que responder el DM. En este cuestionario se analizó, para cada riesgo en estudio, cuál de los riesgos que influyen en él, pertenecientes a un determinado cluster, influye más y cuánto.

Esto se realiza mediante comparaciones por pares. El DM tuvo que responder a 332 preguntas en este modelo. A su vez en el cuestionario se realizaron las correspondientes preguntas para establecer prioridades entre clusters. Esto supuso 200 preguntas más. El cuestionario se planteó en forma de test y en forma de tabla de modo que se agruparon las preguntas correspondientes a las matrices de comparación pareadas. A continuación se presentan dos ejemplos del cuestionario:

Respecto al criterio “logro de obtención de la licencia de obras”, cuál de los siguientes criterios del grupo “tiempo” influye más y cuanto más:

Criterio más influyente				¿Cuánto más influye?
Demora en la Aprobación Municipal	<input type="checkbox"/>	Demora en la obtención de la DIA	<input type="checkbox"/>	“En esta columna el DM pondrá un número de la escala 1-9”
Demora en la Aprobación Municipal	<input type="checkbox"/>	Demora en la obtención de la Licencia de obras	<input type="checkbox"/>	
Demora en la obtención de la DIA	<input type="checkbox"/>	Demora en la obtención de la Licencia de obras	<input type="checkbox"/>	

Ejemplo cuestionario priorización de elementos

Respecto al cluster de riesgos “Técnicos” asociados al riesgo “naturaleza del emplazamiento”, qué cluster influye más y cuánto más.

Cluster más influyente				¿Cuánto más influye?
Alternativas	<input type="checkbox"/>	Legislativos	<input type="checkbox"/>	En esta columna el DM pondrá un número de la escala 1-9
Alternativas	<input type="checkbox"/>	Técnicos asociados a la naturaleza del emplazamiento	<input type="checkbox"/>	
Alternativas	<input type="checkbox"/>	Técnicos asociados a la tecnología	<input type="checkbox"/>	
Legislativos	<input type="checkbox"/>	Técnicos asociados a la naturaleza del emplazamiento	<input type="checkbox"/>	
Legislativos	<input type="checkbox"/>	Técnicos asociados a la tecnología	<input type="checkbox"/>	
Técnicos asociados a la naturaleza del emplazamiento	<input type="checkbox"/>	Técnicos asociados a la tecnología	<input type="checkbox"/>	

Ejemplo cuestionario priorización de grupos

3. Cálculo de la matriz límite y de los resultados de la priorización.

Elevando a sucesivas potencias la supermatriz ponderada obtenida en el paso anterior se obtiene la matriz límite y con ella los resultados del modelo. Destacar que en este caso se prefiere la alternativa con menor prioridad porque es la menos influenciada por los riesgos.

REF.	RIESGOS	ANP
C1	Cambios en Política energética	12,04
C50	Consecuencia social en la obtención del suelo	10,74
C40	Demora en la obtención de la DIA	6,53
C48	Robos	6,48
C47	Cambios legislativos en la DIA	6,44
C2	Logro Aprobación municipal	6,07
C19	Estimación rentabilidad a partir de las horas efectivas de radiación	4,59
C39	Demora en la Aprobación Municipal	4,19
C30	Costes por falta de consistencia en la elección del seguidor solar	2,87
C22	Subsanación de la posibilidad de inundación	2,69

REF.	RIESGOS	ANP
C43	Cambios en la legislación general	2,55
C38	Demora en la obtención del convenio con compañía eléctrica	2,36
C49	Vandalismo	2,14
C18	Perdidas de rendimiento	2,05
C42	Cambios en la legislación específica(primas)	1,56
C21	Medios necesarios para la explanación	1,52
C37	Demora en la obtención del Acta de puesta en marcha	1,52
C34	Variación en el precio de la energía	1,37
C46	obtención del REPE	1,37
C3	Logro obtención Licencia de obras	1,30
C45	Cambios legislativos en la obtención del Acta de puesta en marcha	1,19
C9	Desarrollo de nueva tecnología solar fotovoltaica	1,15
C15	Costes de operación	1,15
C28	Costes por error en la elección de la placa	1,15
C13	Interconexión a la red	1,04
C7	Necesidad de explanación	0,97
C8	Problemas geotécnicos del terreno	0,90
C16	Costes del mantenimiento correctivo	0,90
C33	Variación del precio del dinero	0,88
C36	Demora en la obtención de la Autorización administrativa de la línea	0,82
C29	Costes por error en la elección del inversor	0,79
C5	Estimación de riesgo de inundación	0,77
C26	Facilidad y posibilidad de construcción de la línea de interconexión	0,73
C41	Demora en la obtención de la Licencia de obras	0,61
C27	Riesgo económico asociado a la obtención de la licencia de obras	0,58
C12	Elección del seguidor solar	0,55
C23	Subsanación trabas geotécnicas	0,55
C20	Estimación rentabilidad influenciada por el cambio climático	0,54
C44	Cambios legislativos en la Autorización administrativa de la línea	0,53
C10	Elección de la placa	0,50
C6	Estimación horas efectivas de radiación	0,49
C14	Posibilidad de sistemas de generación eléctrica alternativos	0,49
C25	Coste del acuerdo con propietario del suelo	0,43
C35	Demora en la construcción de la línea de interconexión	0,37
C17	Costes del mantenimiento preventivo	0,35
C24	Coste de la conexión a red	0,33
C11	Elección del inversor	0,30
C4	Adecuación tecnológica al cambio climático	0,24
C32	Variación de la demanda de energía	0,24
C31	Obtención de la financiación bancaria	0,10

Tabla 3. Prioridad resultante de los riesgos

	ANP Red Única
A1	28,32
A2	40,95
A3	14,64
A4	16,07

Tabla 4. Prioridad resultante para las alternativas

4. Conclusiones

En este artículo se ha presentado una aplicación práctica del método ANP al campo de la selección de proyectos. En el caso de estudio la empresa es especialmente sensible a este tipo de decisiones, ya que, además de invertir en la explotación de centrales de energía solar fotovoltaica, las diseña y las construye. Esto hace que la empresa tenga muy en cuenta los posibles retrasos en la puesta en marcha de la instalación, ya que sus recursos no pueden estar parados. La novedad del enfoque consiste en analizar la decisión desde un punto de vista de los riesgos y en tener en cuenta sus influencias mediante ANP.

5 Referencias

- Aragonés-Beltrán P., Aznar J., Ferrís-Oñate J., García-Melón M. Valuation of urban industrial land: an Analytic Network Process approach. *European Journal of Operational Research* 2008; 185(1); 322-339
- Ayağ Z, Özdemir RG. An analytic network process-based approach to concept evaluation in a new product development environment. *Journal of Engineering Design* 2007; 18(3); 209-226.
- Cheng EWL, Li H. Contractor selection using the analytic network process. *Construction Management and Economics* 2004; 22; 1021-1032
- Cheng EWL, Li H. Analytic network process applied to project selection. *Journal of Construction Engineering and Management* 2005; 131; 459-466.
- Demirtas EA, Üstün Ö. Analytic network process and multi-period goal programming integration in purchasing decisions. *Computers and Industrial Engineering* (in press), doi:10.1016/j.cie.2006.12.006
- García-Melón M., Ferrís-Oñate J., Aznar J., Aragonés-Beltrán P., Poveda-Bautista R. Farmland appraisal: an Analytic Network Process (ANP) approach. *Journal of Global Optimization* (in press), DOI 10.1007/s10898-007-9235-0, 2007
- Gencer C, Gürpınar D. Analytic network process in supplier selection: A case study in an electronic firm. *Applied Mathematical Modelling* 2007; 31; 2475-2486.
- Meade LM, Presley A. R&D project selection using the analytic network process. *IEEE Transactions on Engineering Management* 2002; 49; 59-66.
- Mohanty RP, Agarwal R, Choudhury AK, Tiwari MK. A fuzzy ANP-based approach to R&D project selection: a case study. *International Journal of Production Research* 2005; 43(24); 5199-5216.
- Saaty TL. The Analytic Hierarchy Process. RWS Publications: Pittsburgh; 1980.
- Saaty TL. Fundamentals of decision making and priority theory with the AHP. RWS Publications: Pittsburgh; 1994.
- Saaty, Th. (1996) "The Analytic Hierarchy Process. Planning, priority setting, resource allocation". 2ª edición Pittsburgh: RWS Publications, ISBN:0-9620317-2-0

Saaty, Th. (2001) "Decision making with dependece and feedback: The Analytic Network Process". Pittsburgh: RWS Publications, AHP Series Vol. IX. ISBN:0-9620317-9-8

Saaty, Th. (2005) "Theory and pplications of the Analytic Network Process: Decision making with Benefits, Opportunities, Costs, and Risks". Pittsburgh: RWS Publications, ISBN:1-888603-06-2

Correspondencia (Para más información contacte con):

Pablo Aragonés Beltrán.

Universidad Politécnica de Valencia.

Dpto. Proyectos de Ingeniería. Camino de vera s/n. 46022 Valencia

Tel. +34.96.387.98.60

Fax. +34.96.387.98.69

E-mail: aragones@dpi.upv.es

ANEXO 1 Etapas de un proyecto de central solar fotovoltaica

