

Análisis multicriterio para la evaluación económica de proyectos de carreteras

Por JESUS MIGUEL SAURAS VIÑUALES
Dr. Ingeniero de Caminos,
Canales y Puertos



Cuando la iniciativa se debe a una administración pública, tal proyecto se concebirá como desarrollo de unos objetivos, nunca otros que el de crear un bien o habilitar un servicio susceptibles de utilización común y beneficiosa para un colectivo.

Objeto y destinatarios de los proyectos

CUANDO se aborda un cierto proyecto, y principalmente cuando la iniciativa se debe a una administración pública, tal proyecto se concebirá como desarrollo de unos *objetivos*, nunca otros que el de crear un bien o habilitar un servicio susceptibles de utilización común y beneficiosa para un colectivo que, en general, se pretenderá que sea lo más amplio posible.

Proceso de decisión y consolidación de objetivos

Cualquier proceso de decisión resultará ciertamente complejo. En la figura adjunta (ver página siguiente) se han intentado reflejar de manera muy gráfica los elementos que se ven implicados en él de manera típica y, como consecuencia, en su resolución y posterior desarrollo material del resultado de dicha decisión. Pueden apreciarse así mismo las interacciones, verdaderamente intrincadas, que se establecen entre aquéllos.

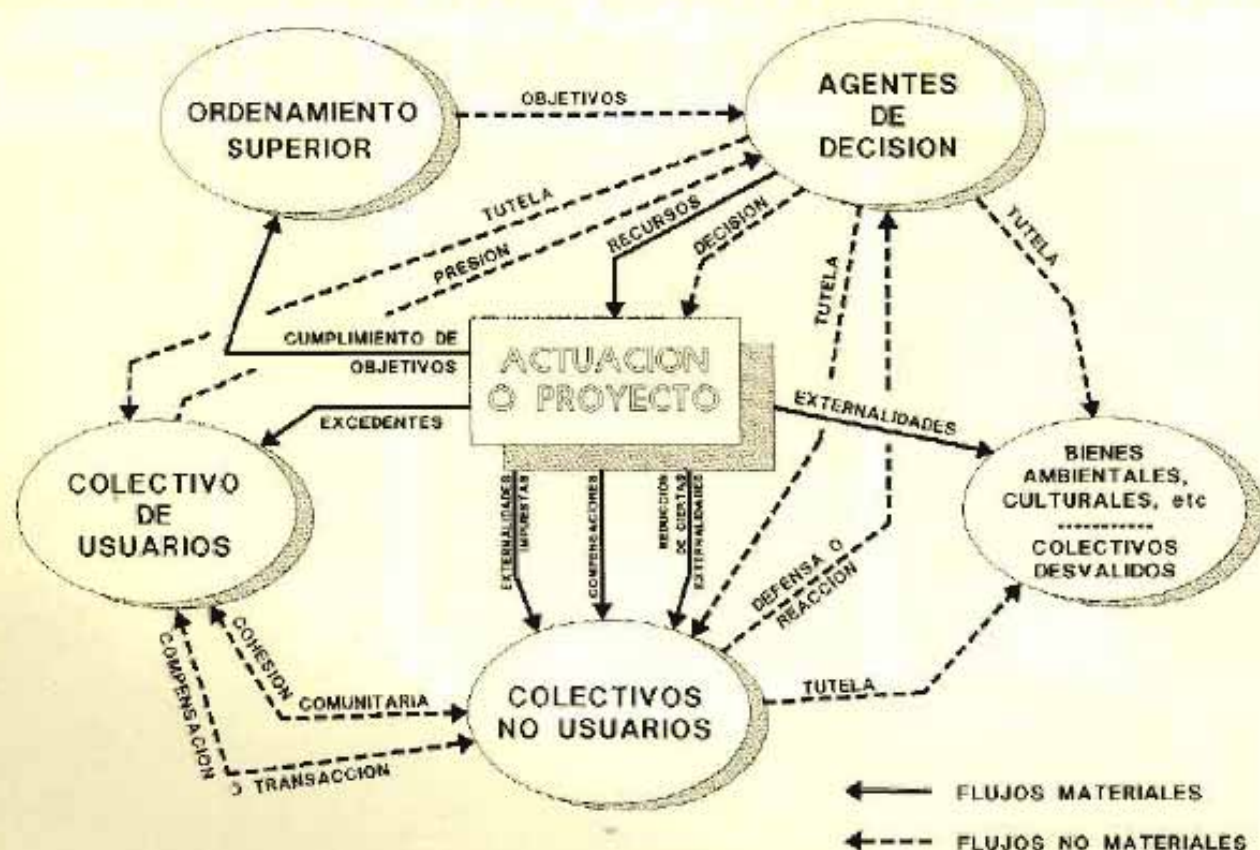
En la concepción del diagrama

indicado se ha tenido presente una posible actuación en infraestructura, y de forma más particular en el ámbito de los transportes. Se entiende, no obstante, que ofrece suficiente generalidad para poder extenderse a cualquier otro sector de actividad.

Resulta oportuno detenerse en su contemplación, pues puede ilustrar acerca de la forma en que han de considerarse ciertos aspectos implícitos en las operaciones de análisis, evaluación y posterior decisión.

Elementos implicados

En un proceso de decisión como



el que se presenta debe distinguirse, fundamentalmente, un elemento cardinal:

- La actuación o *proyecto*, sujeto material y pasivo de la decisión, cuya existencia, forma y contenido se trata de ponderar, debatir y ejecutar, si procede.

En torno a él se movilizarán los intereses o el ministerio de varios entes de diversa naturaleza y personalidad jurídica, que pueden incidir en la decisión, en razón de que, posteriormente, han de verse afectados por la materialización de ella. Cabe distinguir, fundamentalmente, los siguientes:

Un ordenamiento superior que ha determinado los objetivos políticos, sociales y económicos que se trata de instrumentar.

- Un agente de decisión, individual o colectivo, elegido o designado, que dispondrá la ejecución o no ejecución del proyecto y los términos concretos de su materialización.

- Un colectivo de potenciales usuarios a cuya satisfacción se dirige primordialmente la eventual actuación.

- Diversos colectivos, no usua-

rios como tales colectivos (aunque a título personal sus componentes puedan pertenecer de hecho al de usuarios), que se verían afectados por el *proyecto* de forma no buscada o no deliberada y, lamentablemente y con frecuencia, de manera negativa.

- Ciertos bienes ambientales y culturales, patrimonio común, necesitados de tutela.

“
S e entiende
que existe una
externalidad cuando la
producción de una
empresa o la utilidad
recibida por un individuo
implica a otro individuo o
a otra firma, sin que medie
acuerdo ni
transacción.”

En el diagrama adjunto se han destacado unos flujos de efectos materiales causados por la actuación.

Si ésta se lleva a cabo, precisará que los agentes de decisión aporten unos recursos que, dada su limitación, se detraerán de otras aplicaciones alternativas.

Una vez en servicio, el proyecto ofrecerá:

- a) A la comunidad, en general, el cumplimiento y el desarrollo de unos objetivos establecidos por sus órganos de representación y gobierno.
- b) A los destinatarios directos, una utilidad, en forma de *excedentes* o beneficios de diversa índole, estimables y apetecidos por aquéllos.

Sin embargo, la situación del proyecto frente a otros entes implicados puede resultar mucho menos brillante:

- c) Los colectivos de no usuarios pueden experimentar modificaciones sensibles en sus bienes o en sus condiciones de vida por

causa del proyecto, que les vienen impuestas sin intervención alguna de su voluntad.

d) Los bienes culturales y ambientales no son capaces, por su naturaleza física, de hacer ejercicio de la voluntad, aunque sí en su tutela, la administración y los ciudadanos que pueden disfrutarlos. De manera forzosa, cualquier proyecto afectará a aquéllos en mayor o menor medida.

Concepto de "externalidad"

La consideración de estos efectos, a no usuarios y a bienes culturales y ambientales, ajenos a la voluntad de quienes han de soportarlos, conduce a recordar la noción de economía (o deseconomía) externa, o *externalidad*. Se entiende que existe una externalidad cuando la producción de una empresa o la utilidad recibida por un individuo implica a otro individuo o a otra firma, sin que medie acuerdo ni transacción, de suerte que se impone al segundo un coste no retribuido, o se le proporciona un beneficio por el que no paga.

En la práctica el término *externalidad* acostumbra más bien a entenderse en la práctica en sentido peyorativo, pues si bien la segunda eventualidad no es en absoluto infrecuente (e. g., plusvalías, mejoras de accesibilidad, etc.) la primera suele resultar más universalmente soportada, sentida y denunciada.

Las externalidades, en términos económicos, suponen la diferencia entre los costes internos y los sociales. El no considerarlos conducirá a una asignación ineficiente de recursos, con independencia del hecho de su posible compensación.

Así, la cuestión de las externalidades se plantea en una doble vertiente:

a) *Económica*: Alejan de una asignación eficaz de recursos.

b) *Jurídica*: Se causa un daño no indemnizado, y en la práctica, con las instituciones jurídicas existentes, difícilmente indemnizable en abundantes ocasiones.

Los análisis teóricos señalan que la corrección de ambos aspectos podría conseguirse si fuera posible que los costes reales alcanza-

ran los sociales (internalización de costes), lo que se intenta con ciertas políticas de lucha contra la contaminación (como la del conocido lema "El que contamina paga").

Resulta muy difícil, de todas maneras, conjugar las dos facetas. Una defensa a ultranza de los bienes afectados, de suerte por ejemplo que se llegara a eliminar absolutamente, por medios técnicos, la totalidad de las externalidades (ruidos, polución, etc. en el caso de un proyecto de transporte), podría comportar un encarecimiento tal de las inversiones que disuadiera de la creación de gran parte de

menor y menos molestas las nuevas externalidades por lo que, en principio, la actuación parecerá plausible, pero surgen, no obstante, los hechos nuevos de que:

- Se impone un coste a unas personas sin su intervención.

- Pueden no existir instrumentos jurídicos y administrativos adecuados para compensarlas.

Esto plantea una serie de cuestiones, que, sin duda, irán encontrando soluciones más satisfactorias a medida que se perfeccionen los cauces de información y participación y las instituciones jurídicas.



Ejemplo de corrección por medios técnicos puede ser la rehabilitación vegetal y estética de préstamos y vertederos, etc.

las infraestructuras, lo que probablemente conduciría a una defectuosa asignación de recursos. Por otra parte, la realización de un proyecto económicamente razonable, y supóngase que incluso beneficioso para muchos, desde el punto de vista de la reducción de externalidades, podría aparejar la imposición de nuevas externalidades a algún otro grupo.

En el caso, por ejemplo, de la supresión de una travesía urbana se eliminarán molestias y peligros a numerosos residentes del centro de la ciudad; sin embargo, los afectados por el nuevo corredor habrán de soportar las externalidades derivadas de éste. Ciertamente, en una óptica conjunta, el número de implicados puede ser mucho

Criterios teóricos de preferencia social

Diversos economistas han formulado criterios teóricos para enjuiciar la comparación entre situaciones sociales distintas. Se reflejan aquí los más conocidos, por entender que pueden contribuir a ilustrar el proceso de decisión, en general, y la ponderación de las externalidades, en particular.

a) *Criterio de Pareto*: Un cierto estado será socialmente óptimo si cualquier variación con respecto al mismo supone pérdida para algún individuo.

b) *Criterios de Kaldor*: Un estado "A" es socialmente preferible a otro estado "B" si aquéllos que ganan con el "A" pueden compen-

“**S**i las externalidades son de escasa significación, el balance coste-beneficio, junto con la apreciación del grado de cumplimiento de objetivos, será una buena medida de la valoración del proyecto.”

sar a los que pierden, quedando todavía en mejor situación que con el “B”. (Se señala que la compensación puede realizarse, no que materialmente se lleve a cabo).

c) **Criterio de Hicks:** Un estado “A” es socialmente preferible a otro estado “B”, si aquéllos que perderían con el “A” no son capaces de inducir provechosamente a aquéllos que ganan a renunciar al cambio de “B” por “A”.

d) **Criterio de Scitovsky:** Un estado “A” es socialmente preferible a otro estado “B”, si los que ganan pueden inducir a los perdedores a aceptar el cambio, y, simultáneamente, los que pierden no son capaces de llevar a los primeros a renunciar a él.

El primer clásico criterio de Vilfredo Pareto es evidentemente muy restrictivo, y conduciría al anquilosamiento si se aplicara con rigor. Los otros tres, susceptibles de conjugarse, puesto que se habla por ejemplo con frecuencia del *sentido de Kaldor-Hicks*, lo que de hecho englobaría el criterio de Scitovsky, pueden ser más representativos de la dinámica real del proceso de decisión.

Interacciones y transacciones

En la referida figura adjunta, se han intentado representar, como flujos inmateriales, las interacciones que las expectativas de una decisión relativa a cierto proyecto pueden movilizar.

Si una actuación no causara ex-

ternalidades, es indudable que no suscitaría reacción en contra. Todo serían ventajas y las decisiones podrían limitarse a elegir el mayor bien entre los ofrecidos.

No es éste el caso, lamentablemente. En la realidad es inevitable que la persecución de una utilidad colectiva, incluso muy evidente, ocasione —como se refería más arriba— perjuicios a terceros que, en numerosas circunstancias, resultan de difícil, insuficiente o imposible compensación.

Una compleja dinámica social se moviliza (v. esquema). Los afectados negativamente podrán de manera legítima reaccionar en su defensa, llegando, si la imposición es inaceptable y si cuentan con instrumentos jurídicos o políticos, o incluso de fuerza, suficientes, a paralizar la operación.

Los agentes de decisión, por su parte, vienen obligados a una misión de tutela de los bienes ambientales y culturales y de los colectivos desvalidos que, por su naturaleza física o sus circunstancias, no son capaces de movilizarse en su propia defensa eficazmente. Por otra parte, y por una norma de seguridad jurídica y de elemental prudencia, habrán de evitar proponer proyectos de cuyo contenido o circunstancias quepa anticipar su inaceptabilidad social.

En casos menos flagrantes en que la externalidad impuesta pueda calificarse de comparativamente tolerable, aunque no exista contraprestación material, ciertos mecanismos de cohesión y solidaridad comunitarias pueden conducir a los perjudicados a aceptar la actuación. Cobra aquí mayor sentido la formulación de los criterios de Kaldor y Hicks.

Algunos criterios para el análisis y la evaluación

Los principios que se han expuesto y comentado sugieren algunas pautas para la evaluación de los proyectos en presencia de externalidades:

a) Con independencia de la ponderación de los efectos, deben siempre declararse los objetivos de la actuación. Estos podrán ser los genéricos del planeamiento en vigor, más los específicos que para el proyecto contemplado se esta-



El análisis multicriterio para la elección entre grandes



Puente sobre apoyos fijos. Perspectiva.



Túnel sobre apoyos fijos.

blezcan, debiendo analizarse finalmente si se estima que los referidos objetivos han quedado cubiertos y, entre alternativas, el grado (cardinal u ordinal) de satisfacción de tales objetivos.

b) Si las externalidades son de escasa significación, el balance coste-beneficio, junto con la apreciación del grado de cumplimiento de objetivos, será una buena medida de la valoración del proyecto.

Entre alternativas, si dichas externalidades resultaran análogas en unas y otras, el balance coste-beneficio podrá constituir igualmente medida de evaluación. Esta circunstancia puede darse, por ejemplo, en aplicaciones tales como la determinación de estándares de diseño o la gestión de un plan de etapas.

c) Cuando surja una externalidad negativa (deseconomía externa) de particular relieve, no será legítimo incorporarla a un balance, sino que habrá de ser objeto de consideración particular y separada. Para ello se tratará de determinarla y describirla en sus términos físicos, analizando:

- Si es susceptible de compensación o indemnización suficiente dentro de los instrumentos jurídicos o de gestión legalmente disponibles (como por ejemplo, con diversos derechos dominicales).

- De semejante manera, si por medios técnicos resulta viable su corrección o mitigación hasta términos aceptables. A este respecto cabe señalar ejemplos de diverso género, como establecimiento de pantallas de protección sonora, rehabilitación vegetal y estética de préstamos y vertederos, subvenciones a la instalación de vidrios dobles en viviendas (aplicadas en la vecindad de algunos aeropuertos británicos), etc., etc.

En estos casos, en que se persigue la integración social del proyecto, los costes incurridos deben computarse como un coste más de aquél (internalización).

Ello, sin embargo, no eximirá de seguir considerando la presencia de externalidad de que se trate, si bien, como es obvio, reducida a sus nuevos términos.

- Si, en cualquier caso, el proyecto va, o no, a encontrar una oposición que llegue a comprometer su realización práctica en los plazos previstos.

Este aspecto, al igual que los anteriores, precisa una marcada sensibilidad por parte de los administradores públicos y agentes de decisión.

- Si la externalidad que, inevitablemente, haya de imponerse se entiende proporcionada con las expectativas económicas, en términos de *valor actualizado neto (VAN)*, del proyecto. A este respecto no puede proponerse un criterio general; tan sólo el buen juicio de los responsables y su sintonía con la sociedad y el tiempo en que viven, y su sistema implícito de valores podrían conducir a una decisión conveniente y justa.

- Recíprocamente, si la evitación o mitigación de una externalidad (siempre que no rebase los límites de lo aceptable) justifican sus costes de oportunidad, expresados como diferencia entre el VAN relativo a una y otra opción.

d) En presencia de varias externalidades tendrán validez genérica los principios antes enunciados para el caso de una aislada. La decisión se hará más compleja, cabiendo enfocarla como un proceso de *objetivos múltiples* ("multicriterio"), susceptible de ser auxiliado por alguna de las técnicas conocidas, siempre que las variables se hagan numerables.

e) Cuando se cuente con *economías externas* (externalidades positivas) no se suscitarán, evidentemente, las cuestiones de eventual compensación y de aceptabilidad social que las externalidades negativas plantean. Identificadas y evaluadas en términos físicos, pueden considerarse en la ponderación de las circunstancias del proyecto, en todo caso, quedando a criterio del agente de decisión su grado de importancia relativa.

Su significación, en general, vendrá dada por la consecuencia de estos beneficios externos con alguno de los objetivos declarados del planeamiento general o de los específicos del proyecto. A título de ejemplo cabe indicar el caso de las variantes destinadas a evitar travesías urbanas. El residente, no usuario, disfrutará de una serie de ventajas, sin que por su parte medie voluntad de lograrlas.

Dado que uno de los objetivos que acostumbran declararse en tal clase de actuaciones es, precisa-

constituir una herramienta útil
ivas.

mente, la mejora de las condiciones de la vida urbana, será legítimo atribuirles consideración especial.

Nada se opondrá, incluso, a que a estos beneficios se les asignara una valoración monetaria, incorporable al balance, si cabe algún medio de determinar la *disposición a pagar* implícita en situaciones similares.

En las circunstancias, sin embargo, en que se encuentre algún beneficio externo, no deliberado, que no contemplen los objetivos establecidos, su significación será considerablemente más reducida, aunque ello tampoco implique que deba ser ignorado.

Ponderación de objetivos múltiples

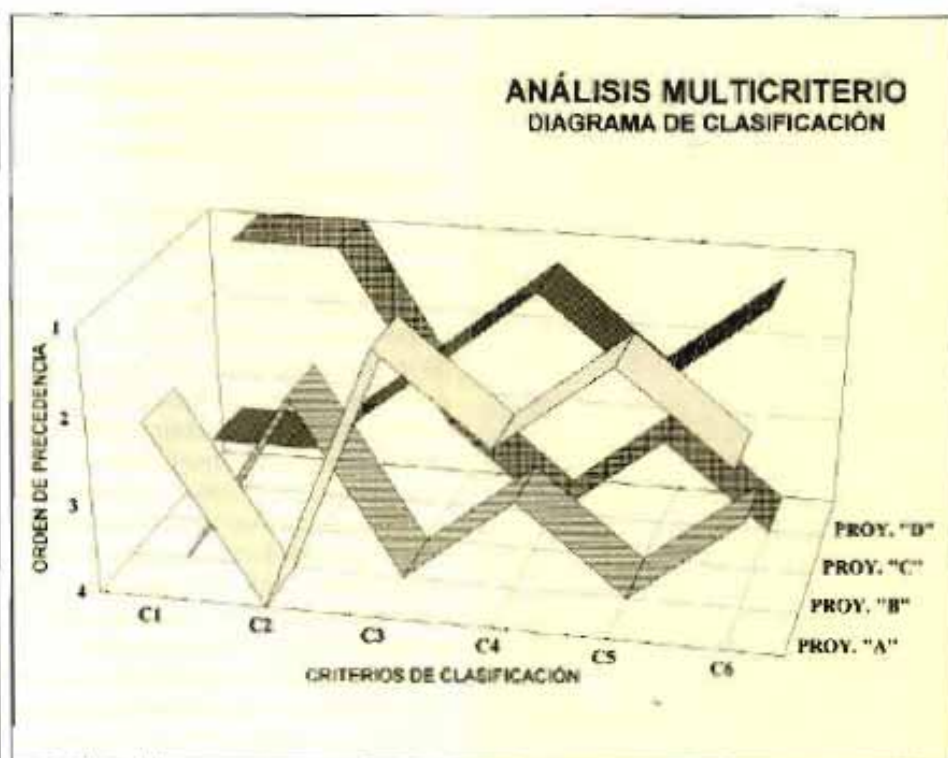
Como se ha tratado de resaltar en las consideraciones anteriores, el proceso de decisión muestra múltiples dimensiones, con frecuencia irreductibles, entre los que el agente de aquella decisión se verá obligado a estimar cuáles serán acreedoras de mayor interés o apatencia por parte de la comunidad.

Este acto, que nunca podrá sustituirse por una técnica podrá, no obstante, beneficiarse de éstas en gran medida en cuanto comportan de sistema, de presentación exhaustiva y ordenada de los términos de la cuestión: de racionalidad, en definitiva.

Este cuerpo de técnicas y procedimientos que pueden contribuir a fundamentar una selección en el caso de tener que ponderar objetivos múltiples se engloba en el denominado *análisis multicriterio*.

Más adelante se describen, si bien de forma muy sumaria, las más salientes o conocidas, indicando a continuación los aspectos comunes de planteamiento que deben previamente cumplimentarse:

- Definición de los objetivos o aspectos que han de ponderarse en la valoración.
- Determinación de los criterios o indicadores de calificación con respecto a cada objetivo.
- Asignación de pesos, o coeficientes de ponderación, a cada uno de los objetivos, según la estimación de los agentes de decisión.
- Evaluación mediante un in-



dice cardinal o numérico de calificación de la congruencia de cada alternativa con respecto a cada uno de los objetivos.

Este proceso conducirá a formular la matriz adjunta de referencia, básica para cualquier técnica de análisis multicriterio.

Análisis multicriterio desagregado

Se designa de esta forma la simple presentación de las evaluaciones heterogéneas de la matriz de referencia (excluyendo los coeficientes de ponderación) al agente de decisión por parte del analista, dejando al primero la tarea de interpretación, según su ánimo.

Técnicas de clasificación

Consiste simplemente en deducir la ordenación de preferencias de las alternativas, que se transcribirán en una de las dos siguientes formas matriciales:

- Alternativas que ocupan los lugares, 1º, 2º, ..., nº, respecto de cada criterio (v. cuadro adjunto).

En forma gráfica pueden unirse mediante líneas continuas los lugares sucesivos relativos a cada alternativa. Esta elementalísima práctica puede contribuir a una expresiva presentación visual de los méritos de cada posible solución.

- Número de orden de preferencia que, respecto de cada crite-

rio, se asigna a las diferentes alternativas (v. cuadro).

Método elemental de ponderación

Consiste en obtener, para cada alternativa, la suma de los productos de las clasificaciones obtenidas con respecto a cada criterio por el peso atribuido al referido criterio particular:

$$S_i = \sum I_{ij} \cdot P_j$$

atribuyendo la mejor calificación al que obtiene mayor suma conjunta. Al tratar del método "ELECTRE" se comparará éste con el sistema elemental de ponderación.

Método iterativo DELPHI

Se desarrolla en los siguientes pasos, hasta llegar a una convergencia de opinión:

- Elección de analistas.
- Confección y distribución de un cuestionario.
- Recogida, análisis y clasificación de respuestas.
- Distribución de un segundo cuestionario, señalando a cada analista su posición, en el conjunto resultante del cuestionario anterior.
- Motivación del evaluador.
- Recogida, análisis y clasificación del nuevo cuestionario.
- Tercer cuestionario.

- Reiteración del proceso hasta llegar a una convergencia satisfactoria.

Método ELECTRE

El método ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la REalité) se propone, mediante un algoritmo lógico, la eliminación de numerosas variantes entre las que es preciso elegir, de suerte que finalmente, por comparación sucesiva, se retenga una sola o algunas pocas (posibilidad más verosímil) entre las que poder centrar el análisis que permita la selección definitiva.

Antes del proceso de agregación, propiamente dicho, es preciso llevar a cabo las siguientes operaciones:

- Calificación de las variantes con respecto a cada criterio según una escala cuantitativa (e. g. de 0 a 20).

- Ponderación de los criterios.

El proceso de agregación toma la forma de una comparación entre variantes, tomadas dos a dos, por medio de una regla de superioridad: cuando una variante es superada por otra, se elimina. En la comparación entre un par de variantes i y j la regla de superioridad hace uso de dos índices:

- Índice de concordancia (C_{ij}): Cociente de la suma de los coeficientes de ponderación relativos a los criterios para los que la alternativa i es preferible o indiferente a la j ($i \geq j$), dividida por la suma de los pesos de todos los criterios.

- Índice de discordancia (D_{ij}): Mayor diferencia relativa entre las notas atribuidas a las variantes i y j en los criterios para los que i no es preferible a j ($j > i$). La mayor diferencia detectada se divide por la amplitud de la escala de clasificación (20 en este caso).

Cabría afirmar que la variante i supera a la j cuando:

$$C_{ij} \geq p, \quad y$$

$$D_{ij} \leq q$$

siendo p y q unos umbrales de referencia establecidos.

Estos umbrales se establecen previamente, y la elección es tanto más clara cuanto más alto sea p y menor q . La fijación de los umbrales depende del grado de exigencia y de prudencia deseado por el agente de decisión.

MATRIZ DE VALORES Y COEFICIENTES DE PONDERACION

CRITERIO	PESO	PROYECTO				PONDERACION			
		0	1	2	3	0	1	2	3
C1	6	17	17	17	20	102	102	102	120
C2	10	16	20	17	20	160	200	170	200
C3	8	20	17	18	18	160	136	144	144
C4	4	17	19	20	16	68	76	80	64
C5	9	17	0	18	17	153	0	162	153
C6	8	17	18	20	18	136	144	160	144
SUMAS	45	—	—	—	—	779	658	818	825

METODO "ELECTRE"

MATRIZ DE CONCORDANCIA

	0	1	2	3
0	—	0,51	0,31	0,47
1	0,62	—	0,36	0,49
2	0,82	0,78	—	0,64
3	0,73	0,91	0,53	—

METODO "ELECTRE"

MATRIZ DE DISCORDANCIA

	0	1	2	3
0	—	0,20	0,15	0,20
1	0,85	—	0,90	0,85
2	0,10	0,15	—	0,15
3	0,10	0,15	0,20	—

En el ejemplo siguiente pueden verse las matrices de concordancia y de discordancia relativas a las calificaciones de una serie de alternativas. Si se establece $p \geq 0,8$ y $q \leq 0,2$ puede verse que la variante "2" supera a la "0", y la "3" a la "1", por lo que las "0" y "1" quedarían eliminadas, centrándose la elección entre la "2" y "3". Entre estas dos la "2" parece ofrecer mayor concordancia y menos desacuerdo que la "3", aunque ésta, en un proceso clásico de ponderación

por puntos, cuenta con alguno más que la otra (825 frente a 818). Por tal motivo, quizá resultara más conveniente la "2" que, sin embargo, no sería seleccionada en dicha ponderación. ■

Jesús-Miguel Sauras, Director del Área de Estudios Socioeconómicos de SECEG (Sociedad Española de Estudios para la Comunicación Fija a través del Estrecho de Gibraltar) y Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Madrid.