

# EL PASADO, EL PRESENTE Y EL FUTURO DE LA INVESTIGACIÓN OPERATIVA EL ESPACIO DE LIBERTAD DEL DECISOR

## 0. INTRODUCCIÓN

Analizar el pasado, el presente y el futuro de la Investigación de Operaciones (IO) resulta sumamente atractivo, sin lugar a dudas; pero un estudio más ambicioso resultaría ser aquel que enfatizara la figura del decisor. Quizá este enfoque difiera del tradicional, pudiendo recibir la denominación de "El Espacio de Libertad del Decisor o Modelización del Cerebro Humano".

El objetivo principal de este trabajo consiste en responder cuestiones tales como ¿Qué se ha hecho en IO?, ¿Hacia dónde nos dirigimos en el campo de actuación de la IO?. Así pues, comenzamos por delimitar el concepto de IO, que por cierto, no resulta nada sencillo.

## 1. INVESTIGACIÓN OPERATIVA Y FÍSICA

Las definiciones de IO que tradicionalmente se elaboran incluyen frases muy extensas y poco claras. Sería interesante suministrar una definición de IO, fundamentándonos en su analogía con la Física.



Fig.1 Dos enfoques en IO

En opinión de algunos investigadores, la IO se encuentra en concordancia con situaciones del mundo real que revisten la forma de sistemas sociales. Tales sistemas podrían ser, el Industrial, el Económico, el Militar, el Humano. Estos sistemas pueden estudiarse bajo un enfoque cualitativo o, alternativamente, por uno cuantitativo.

Los estudios cualitativos consisten esencialmente en las apreciaciones humanas del sistema, es un enfoque subjetivo por excelencia; mientras que los estudios cuantitativos consisten en el análisis de los

modelos matemáticos asociados.

El campo de actuación de la IO es, precisamente, el de estos modelos matemáticos, aunque la apreciación humana, el aporte subjetivo, sea a menudo bien recibido en el proceso de modelización.

Una comparación con la Física es particularmente instructiva, y veamos por qué. En el caso de la Física el mundo real no es un sistema social sino un fenómeno natural.

La naturaleza también puede ser estudiada a través de argumentos cualitativos y cuantitativos. Aunque resulte extraño, existen constancias que desde tiempos remotos y concretamente desde la Grecia antigua, los estudios cuantitativos y los modelos matemáticos fueron propuestos para analizar la naturaleza.

En un enfoque cuantitativo deben considerarse cuatro elementos:

1. La naturaleza, la situación del mundo real.
2. La imagen del mundo real. El modelo matemático. Las leyes de la Física.
3. El físico, elaborador del modelo.
4. El cuarto elemento podríamos denominarlo "Dios" o "el gran arquitecto del universo", o como el lector desee llamarlo. Este es un elemento que vela permanentemente por el cumplimiento de las leyes físicas o, mejor dicho, que controla su evolución en consonancia con la evolución del universo.

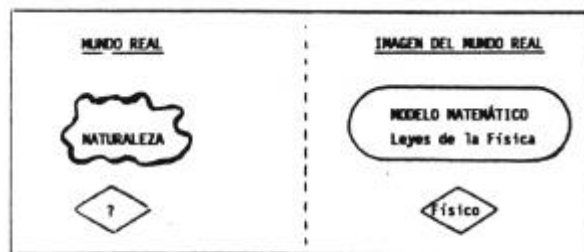


Fig.2. Enfoque cuantitativo en Física

Un modelo matemático o una ley física no existen por sí solos en la naturaleza. Son construcciones del ser humano; constituyen una visión de la naturaleza por los seres humanos, una aproximación de la naturaleza, una idealización, nunca la naturaleza en sí misma.

El propósito es triple:

1. **describir**, explicar el fenómeno natural.
2. **entenderlo**,
3. y finalmente, **gobernar** la naturaleza en el caso de construcciones

humanas tales como plantas generadoras de electricidad, ferrocarriles, navíos, satélites, sistemas de comunicaciones .... En el último caso, el Físico se transforma en Ingeniero.

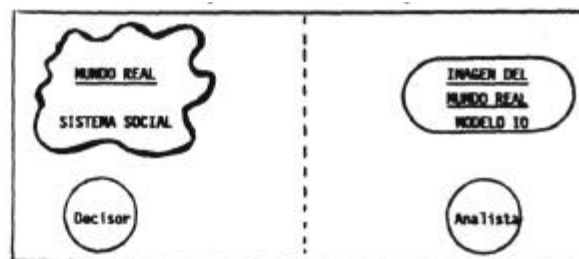
Hoy en día, desde la Grecia antigua y aún remontándonos hacia civilizaciones anteriores, la mayoría de los fenómenos naturales, prácticamente todos, han sido analizados mediante técnicas cuantitativas tales como las que describe la figura 2.

Después de dos milenios de arduo trabajo e incesante investigación en este campo, la precisión de la Física es actualmente increíble.

Volviendo al caso en que consideramos al mundo real como un sistema social, y centrándonos en el enfoque cuantitativo distinguimos nuevamente cuatro elementos:

1. La situación del mundo real, el sistema social.
2. El modelo matemático asociado que es aún una aproximación del mundo real.
3. El analista que elabora el modelo.
4. El decisor. Este último elemento no es un "Dios", sino un decisor responsable del sistema social.

Un decisor es un ser humano, posee preferencias, objetivos... **¡Si el decisor se cambiara o sustituyera por otro, requeriríamos un nuevo análisis!.**



**Fig.3. Modelización en IO**

No obstante, los estudios en Física y en Investigación Operativa son bastante similares. El primero opera sobre la naturaleza; el segundo sobre los sistemas sociales humanos.

También en el caso de una modelización cuantitativa en IO debe considerarse una construcción humana cuyo propósito sea:

1. **describir**
2. **entender**
3. **gobernar la situación del mundo real.**

Las situaciones en Física y en IO son similares, pero la mayor dificultad en IO es que el decisor no resulta ser siempre una persona bien identificada.

A veces, su figura es la de todos los contribuyentes, los accionistas del sistema social. Otras veces es simplemente un ministro o un director general que firma un contrato sin estar implícitamente involucrado en el análisis, ...

El objetivo final de la IO consiste en precisar como serán involucradas las decisiones en el manejo de los sistemas sociales. Por supuesto que éste es el propósito de la IO, proponer **las mejores decisiones posibles**. Esto significa que tendremos que hacer frente a **problemas de optimización**.

Generalmente existe consenso en reconocer que la IO comenzó sistemáticamente en Gran Bretaña en 1937. En comparación con la Física, nuestra ciencia es bastante joven. Por lo tanto, aún no ha alcanzado el grado de precisión de la Física, pero sí es dable reconocer el significativo progreso que ha experimentado regularmente.

En conformidad con lo que se hizo en IO, sería razonable pensar que la IO podría reclamar un mejor estatus en la jerarquía de las ciencias. ¡Un estatus comparable al de la Física!.

## **2. LA PRIMERA ETAPA DE LA MODELIZACIÓN EN IO (1937-1970)**

Cuando se elabora un modelo en IO a efectos de encontrar las mejores decisiones posibles, deben considerarse tres fases:

1. Un conjunto **A** de todas las decisiones posibles o factibles (alternativas).
2. La evaluación de las decisiones factibles.
3. Un proceso de optimización capaz de ofrecer las mejores decisiones posibles.

La primera etapa de la IO comprende, aproximadamente, el período comprendido entre los años 1937 a 1970.

Durante dicho período todos los modelos considerados en IO fueron del siguiente tipo:

$$\text{opt } \{f(x) / x \in A\}$$

Las tres fases de la modelización estaban incluidas en la formulación. **A** es el conjunto de todas las decisiones posibles, **f(x)** es una función de valoración (una función objetivo o un criterio), y un proceso de optimización proporcionaría las soluciones óptimas. La mayor parte de los modelos básicos en IO corresponden a: Programación Lineal, Programación Matemática, Problemas de Colas, Problemas de Inventario, Problemas de Transporte, Problemas de localización, Modelos de distribución, Análisis de

redes, ...

Si el conjunto **A** es **continuo**, entonces utilizamos básicamente las herramientas de Newton, tales como derivadas, ecuaciones diferenciales y la teoría de optimización de Lagrange que ha sido recordada en el contexto de IO por la atractiva teoría de los conjuntos cerrados de Kuhn-Tucker.

Hace aproximadamente quince años no había herramientas para investigar **conjuntos discretos**. Gracias a la contribución efectuada en el campo de la IO, disponemos actualmente de varias herramientas, tales como: Análisis

Combinatorio, Teoría de la Complejidad, Grafos y redes.

Las contribuciones de la IO al conjunto de herramientas matemáticas son en este campo absolutamente impresionantes. También por esta razón la IO podría reclamar su mejor estatus.

Tal modelización consiste en problemas bien formulados que ofrezcan soluciones óptimas. Ellos han sido extremadamente útiles en muchas circunstancias técnicas. Desafortunadamente, este proceso es demasiado descriptivo. La solución óptima es **impuesta** al decisor. Las posibilidades de discusión son escasas e incluso nulas. El decisor no tiene la suerte de expresar sus preferencias, excepto en la función objetivo. El decisor no posee libertad y, por lo tanto, estos modelos no han sido siempre adecuados.

### 3. LA SEGUNDA ETAPA DE LA MODELIZACIÓN EN IO (1970-1995)

Esta segunda etapa comenzó hace veintiseis años, aproximadamente en 1970. Por un lado, se ha mantenido un fuerte interés por los modelos unicriterio. Durante este período se han obtenido resultados impresionantes en este campo, siendo muy útiles para el tratamiento de numerosas situaciones técnicas del mundo real.

Pero por otro lado, se ha ido reconociendo progresivamente que, en muchos casos, a efectos de mejorar la bondad del ajuste al mundo real, el decisor solicitaba otra clase de modelización, una modelización que incluyera diversos criterios.

Deberían considerarse, por lo menos, cuatro tipos de criterios que reflejaran las preferencias del decisor:

- Criterio Financieros (costes, ingresos, beneficios, ...)
- Criterios Tecnológicos (producción, ...)
- Criterios Sociales (bienestar, ...)
- Criterios ecológicos (medio ambiente, ...).

Hasta 1970 los modelos multicriterio fueron rechazados debido a que no proporcionaban problemas de optimización matemática bien formulados. A partir de 1970 se ha reconocido que, a pesar de su principal dificultad, el decisor podría recibir algún tipo de ayuda o asistencia en el caso de la

modelización multicriterio.

Por estas razones, a partir de 1970, los estudiosos de IO se mostraron interesados y preocupados por ambos tipos de modelización básicos

$$\text{opt. } \{f(x) / x \in A\}$$

$$\text{opt. } \{f_1(x), f_2(x), \dots, f_j(x), \dots, f_k(x) / x \in A\}$$

correspondiendo, respectivamente, a los enfoques unicriterio y multicriterio. En el caso multicriterio, si  $A$  es un conjunto discreto, los datos del problema se incluyen en una matriz de decisión que contiene las alternativas, los criterios de evaluación y las evaluaciones mismas, tal como se muestra a continuación (fig.4):

|       | $f_1(.)$   | $f_2(.)$   | ... | $f_j(.)$   | ... | $f_k(.)$   |
|-------|------------|------------|-----|------------|-----|------------|
| $a_1$ | $f_1(a_1)$ | $f_2(a_1)$ | ... | $f_j(a_1)$ | ... | $f_k(a_1)$ |
| $a_2$ | $f_1(a_2)$ | $f_2(a_2)$ | ... | $f_j(a_2)$ | ... | $f_k(a_2)$ |
| ...   | ...        | ...        | ... | ...        | ... | ...        |
| $a_i$ | $f_1(a_i)$ | $f_2(a_i)$ | ... | $f_j(a_i)$ | ... | $f_k(a_i)$ |
| ...   | ...        | ...        | ... | ...        | ... | ...        |
| $a_n$ | $f_1(a_n)$ | $f_2(a_n)$ | ... | $f_j(a_n)$ | ... | $f_k(a_n)$ |

Fig.4. Matriz de evaluación en el caso multicriterio

Las principales características de los problemas multicriterio son:

1. Tales problemas incluyen gran número de **incompatibilidades**. Cuando una alternativa es mejor que otra en algunos criterios y las otras sobre otros criterios, es imposible decidir cuál es la mejor sin información adicional. Tal información depende de las preferencias del decisor. Se requiere, por lo tanto, una modelización adicional de las preferencias del decisor.
2. Tales problemas no poseen usualmente solución óptima. No existe una alternativa que sea mejor que todas las restantes respecto de todos los criterios. Por lo tanto, los problemas no están matemáticamente bien formulados.
3. En consecuencia, sólo pueden considerarse soluciones de compromiso. Será tarea del analista en IO buscar dichas soluciones de compromiso.
4. Además, debe quedar claro que no existe el mejor compromiso universal. Para problemas unicriterio hay soluciones óptimas universales. ¡Pero en el caso multicriterio no!. Si cambiamos al decisor obtendremos otras "mejores soluciones de compromiso". **La**

**mejor solución de compromiso depende del decisor.**

Un problema multicriterio no es un problema **bien planteado** o **formulado**; puede ser también un problema **aún no-formulado**. Con el propósito de manejar una matriz de evaluación multicriterio, necesitamos una modelización adicional de las preferencias del decisor. Cada decisor posee su propio espacio de libertad. ¿Dónde está este espacio?. Hasta ahora no ha sido nunca introducido explícitamente en nuestros modelos.

El tratamiento tradicional o clásico de un modelo multicriterio consiste en el uso de funciones de utilidad agregativas de todos los criterios en forma conjunta. Este método es discutido actualmente porque en tal estudio todas las alternativas resultan, de nuevo, comparables y existe una solución óptima asociada. ¡Ciertamente, no estamos enfrentando el mismo problema!.

Desde 1970 existe una Escuela Europea de Ayuda a la Toma de Decisiones Multicriterio. Ha sido creada y estimulada por el Profesor Bernard Roy y ella propone otros estudios o caminos alternativos. Los aportes de esta escuela han sido tan fundamentales que, su creación puede considerarse como el punto de iniciación de la segunda etapa en IO.

El problema consiste ahora en conocer qué clase de **Información Adicional** necesitamos para tratar los problemas multicriterio. ¿Qué clase de modelización adicional de las preferencias del decisor se requiere?.

- En primer lugar, necesitamos información **dentro** de los criterios. Cuando se observa una desviación entre dos alternativas sobre un mismo criterio, necesitamos conocer su importancia para el decisor, a efectos de ser capaz de efectuar compromisos sobre otros criterios, sobre otras alternativas.
- También necesitamos información **entre** los criterios. Necesitamos saber el grado de importancia relativa que los diferentes criterios poseen para el decisor. Tal grado de importancia relativa puede suministrarlo la función de utilidad, bien sea por una jerarquía de criterios, bien sea a través de la ponderación (pesos) asignados a ellos.

Tan pronto como esta información adicional se encuentre disponible, el analista de IO puede investigar el problema (enlace: Modelo IO - analista) y gracias a una metodología apropiada, él es capaz de ofrecer al decisor la mejor solución de compromiso. Pero, podríamos objetar que los procedimientos se tornan nuevamente descriptivos. Se ofrece una mejor solución de compromiso. ¿Dónde está el espacio de libertad del decisor?.

No deberíamos investigar sólo el enlace Modelo IO - analista, sinoque, asimismo, deberíamos incluir al decisor en la modelización. El decisor, su espacio de libertad, su libre voluntad.

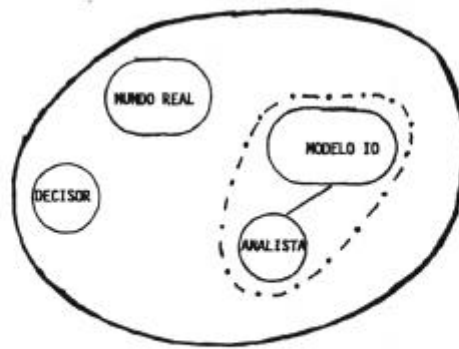


Fig.5. Enlaces en la modelización clásica de IO

#### 4. LOS MÉTODOS MULTICRITERIO: PROMETHEE - GAIA

Una técnica específica en el campo del análisis multicriterio denominada PROMETHEE - GAIA, fue desarrollada en el laboratorio de IO de la Universidad de Bruselas por los profesores J.P. Brans y B. Mareschal.

El PROMETHEE es la parte prescriptiva del método. La modelización adicional de las preferencias del decisor se obtiene por medio de:

- **Dentro de los criterios:** Criterios generalizados asociados a cada criterio. Esto permite definir las preferencias asociadas a las desviaciones observadas entre las evaluaciones de los criterios.
- **Entre los criterios:** Ponderaciones que reflejan el grado de importancia relativa de cada criterio tal como lo percibe el decisor.

El PROMETHEE I ofrece un grafo de superación que incluye alternativas incomparables entre sí, tal como muestra la figura 6. En este caso el modelo no asume el riesgo de comparar entre muy diversas alternativas. Es responsabilidad del decisor tomar la decisión.

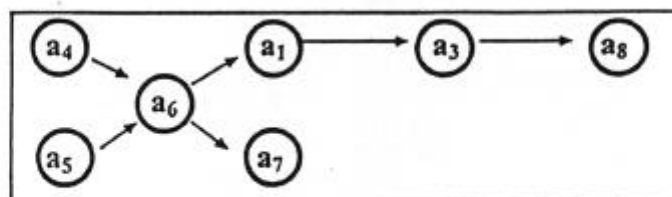


Fig.6. PROMETHEE I. Ordenamiento parcial

El PROMETHEE II ofrece un ordenamiento completo. Por supuesto que resulta más fácil de explotar, pero la información que suministra es más discutible. El modelo en sí mismo posee mayor nivel de riesgo pues permite comparar todas las alternativas.

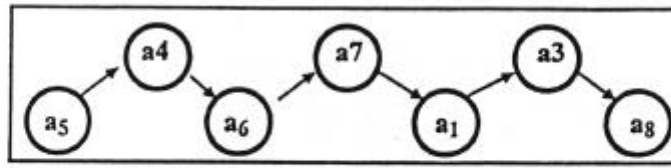


Fig.7. PROMETHEE II. Ordenamiento completo

El problema es que, tanto el PROMETHEE I como el II, son métodos bastante prescriptivos.

Tan pronto como la modelización adicional de las preferencias, dentro y entre criterios, haya sido definida, las decisiones son recomendadas al decisor por el analista, sin posibilidad alguna de discusión adicional. Nuevamente, no se ha preservado el espacio de libertad del decisor, la libre voluntad del decisor. La parte del GAIA se refiere a la técnica de Modelización Visual Interactiva.

Una información completa acerca del problema la suministran los flujos netos unicriterio  $\phi_j(a_i)$  definidos para cada alternativa  $a_i$ ,  $i=1,2,\dots,n$  y para cada criterio  $j=1,2,\dots,k$ .

Estos flujos netos proporcionan sofisticadas escalas no lineales sobre cada criterio. Ellos reflejan con precisión los datos y la modelización adicional de las preferencias del decisor, pudiendo ser representados en el espacio  $k$  dimensional  $R^k$ . Afortunadamente, son fáciles de calcular gracias a las técnicas disponibles.

La información contenida en  $R^k$  puede proyectarse sobre un plano particular tal que en dicho proceso se pierda la menor cantidad de información posible. Este plano se denomina **plano GAIA**. Las alternativas son representadas mediante puntos, y los criterios mediante ejes. Es sencillo apreciar qué alternativas son buenas sobre criterios particulares. También es fácil observar el carácter conflictivo de los criterios (Fig.8).

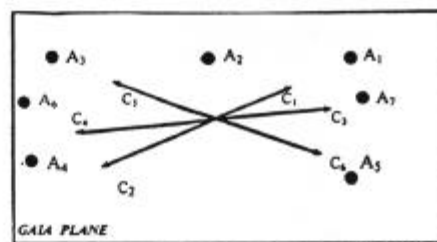


Fig.8. Alternativas y criterios en el plano GAIA

El vector de las ponderaciones (pesos)  $W(w_1, w_2, \dots, w_j, \dots, w_k)$  en el espacio  $k$  dimensional, puede considerarse como un "bastón de decisión" para el decisor. La proyección del "bastón" sobre el plano GAIA indica la

dirección en la cual se invita al decisor para decidir en conformidad con las ponderaciones consideradas. La dirección  $\pi$  se denomina **Eje de Decisión**

PROMETHEE (Fig.9).

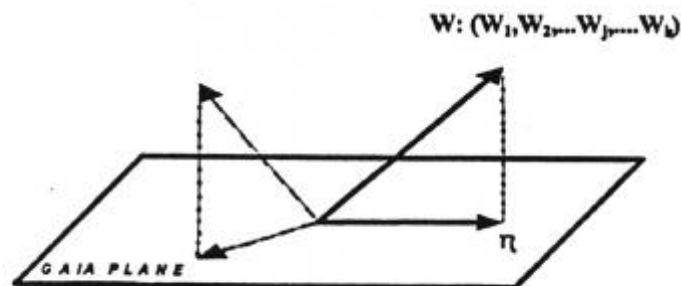


Fig.9. "Bastón" de decisión y eje de decisión del PROMETHEE

del

Si el decisor modifica sus ponderaciones, si simplemente mueve el "bastón" de decisión, el eje de decisión del PROMETHEE se orientará en otra dirección. Otras alternativas serán las recomendadas. El "bastón" de decisión es un **instrumento de libertad** para el decisor. Tal como un piloto es una aeronave, el decisor puede investigar el área que desee.

## 5. EL ESPACIO DE LIBERTAD DEL DECISOR

El decisor conoce muy bien que, determinados valores de las ponderaciones, ofrecerán una respuesta prescriptiva. Él no desea tal situación pues limita la posibilidad de discutir, y restringe su espacio de libertad. Aún más, el decisor posee fuertes dudas a la hora de fijar las ponderaciones, debido a: 1) indeterminación, 2) imprecisión, 3) incertidumbre, acerca de sus valores. Sería agradable dotar al decisor de una mayor libertad para que dichas vacilaciones puedan ser debidamente contempladas. Por esta razón, proponemos asignar algún espacio a las ponderaciones, definiendo, por ejemplo, un límite inferior y otro superior entre los cuales puedan variar, o imponiendo algunas restricciones tales como, que un peso global pudiera asignarse siempre a algún conjunto de criterios

$$w_j^- \leq w_j \leq w_j^+ \quad j=1,2,\dots,k$$

$$\sum w_j = P_s \quad \text{para diferentes subconjuntos } S \text{ de criterios}$$

En este caso, el "bastón" del decisor,  $W$  puede moverse dentro de un área limitada del espacio  $k$ -dimensional. La proyección de esta área sobre el plano GAIA nos da, "El Espacio de Libertad del Decisor" (EL). El eje de decisión del PROMETHEE puede orientarse de acuerdo con la libertad dada por las ponderaciones, hacia algún punto de su espacio de libertad.

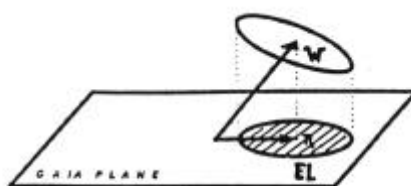


Fig.10. Espacio de libertad del decisor

Esta técnica permite distinguir dos clases de Problemas Multicriterio:

- Problemas "suaves" (soft problems)= problemas fáciles de resolver.
- Problemas "duros" (hard problems)= problemas difíciles de resolver.

Consideremos los siguientes casos ilustrativos. En el primer caso, el eje de decisión del PROMETHEE está siempre orientado en la misma dirección, las alternativas  $A_1$ ,  $A_2$  y  $A_5$  son buenas alternativas para todas las distribuciones de ponderaciones permitidas.

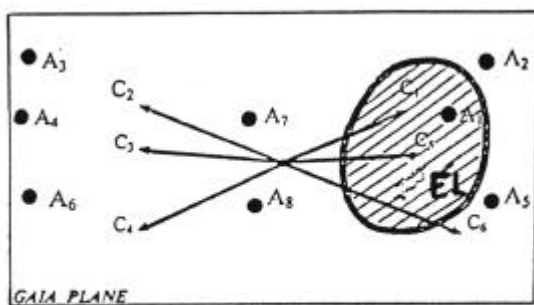


Fig.11. Problema "suave"

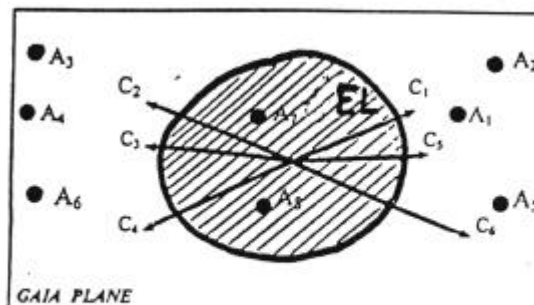


Fig.12. Problema "duro"

En el segundo caso, el eje de decisión del PROMETHEE, de acuerdo con las vacilaciones o dudas del decisor, puede orientarse en todas las direcciones posibles. Dependiendo de los valores finales de las ponderaciones, varias alternativas fuertemente diferentes pueden seleccionarse como "la mejor solución de compromiso". Este es un problema "duro". Algunas fluctuaciones en la mente del decisor podrán finalmente lograr la decisión en favor de una o de otra dirección. Resulta imposible predecir cual será la elección del decisor.

Afortunadamente, y contrariamente a lo que se esperaba, se ha comprobado que la mayoría de los problemas prácticos multicriterio del mundo real, son problemas "suaves".

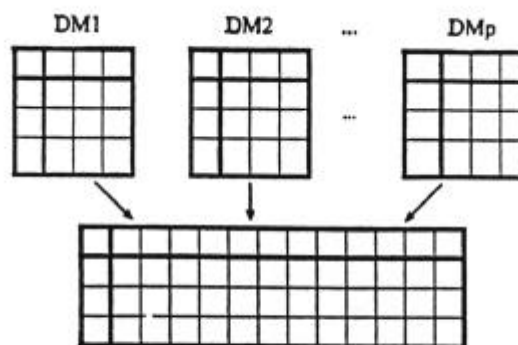
El soporte informático asociado a estos métodos, PROMCALC-GAIA, es una herramienta particularmente eficiente para detectar el grado de dificultad de los problemas multicriterio. Los puntos **EL** que se observan en

las figuras 11 y 12 pueden obtenerse instantáneamente mediante éste soporte informático.

La metodología PROMETHEE-GAIA implica que la posición de las alternativas y de los criterios permanece inamovible cuando las ponderaciones asignadas a los diferentes criterios sufren modificaciones. Los puntos en el plano GAIA que corresponden al espacio de libertad del decisor ofrecen una visión de sus posibilidades de elección, una panorámica de su "cerebro humano", de su "libre voluntad".

Podrían considerarse, asimismo, distintos decisores al mismo tiempo frente a un mismo problema y, cada uno de ellos con su propio espacio de libertad, su propio cerebro, sus propias limitaciones, sus propias posibilidades en la selección de las alternativas. Esta es una razón fundamental por la cual los diferentes decisores deberían ser incluidos en el proceso de modelización.

En la mencionada Universidad de Bruselas, el equipo formado por los profesores D. Kennis, T. Marchant, B. Mareschal, A. Mosmans y P. Vincke, han extendido estas técnicas de modelización de espacios de libertad de decisores al campo de los Sistemas de Soporte para Decisiones Grupales, con notable éxito. En este caso, se consideran decisores diversos con matrices de evaluación diferentes.



**Fig.13.Decisores diversos con matrices de evaluación diferentes**

Así es posible obtener una representación gráfica, no solo del cerebro humano de cada decisor, sino también una representación de la **conciencia** del grupo entero. La técnica muestra los conflictos entre los decisores y ayuda a resolverlos.

## **6. PROPUESTAS PARA UNA TERCERA ETAPA EN IO**

A modo de conclusión, sería deseable sugerir la apertura de una nueva etapa para la IO, posiblemente una etapa de 25 años otra vez.

Una etapa donde no se consideren sólo los modelos unicriterio y multicriterio sino también, modelos donde se preservara cierto lugar para "el espacio de libertad del decisor".

Sería sugerente incluir una cuantificación de dicho espacio de libertad en el mismo modelo. Deberían ofrecerse nuevas clases de modelos, tales como los Modelos Meta, bastante menos prescriptivos, que ofrezcan al decisor no solo la cuantificación de la situación del mundo real, sino también, una visión de su propia imagen y de la libertad que él posea para enfrentarse al mundo real. Esto debería hacerse en diferentes formas para nuestros modelos, aún para los modelos básicos tales como, Programación Lineal, Análisis de redes, Problemas de Inventario, Teoría de Colas, ...

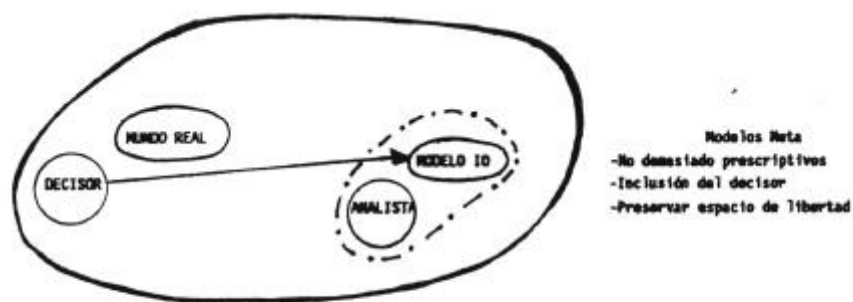


Fig. 14. Modelos Meta incluyendo al decisor.

Es una cuestión de identidad de la IO. Enfatiza la diferencia entre la IO y la Física, donde la cuantificación de la unidad correspondiente al decisor no tiene sentido.

El enlace IO - analista, en la modelización en IO, es un enlace matemático. Cualquier cosa que haya sido producida en la estructura de este enlace, nos retrotraerá al campo de las Matemáticas puras. Todas las bellas contribuciones tales como, Programación Lineal, Teoría de la Programación Matemática de Kuhn-Tucker, Procesos Estocásticos, Grafos, ..., producidas en el contexto de la IO se retrotraerán al campo de las Matemáticas puras. A tal punto que las útiles herramientas de Newton y las herramientas de optimización desarrolladas en el contexto de la Física, ya han sido devueltas al campo de las Matemáticas puras.

La identidad real de la IO, y quizá nos aventuramos a decir, la única que posee, consiste en incluir al decisor en nuestros modelos. Es una tarea ardua y difícil, pero es muy placentera e interesante.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- BARBA-ROMERO, S. (1987): "Panorámica Actual de la Decisión Multicriterio Discreta". *Investigaciones Económicas*, vol. 11, pp. 279-308. España.
- BRANS, J.P. (1982): "L'Ingénierie de la Décision. Elaboration d'instruments d'Aide à la Décision. La Méthode PROMETHEE". Université LAVAL, *Colloque d'aide à la Décision*, pp. 183-213. Québec, Canadá.
- BRANS, J.P.; VINCKE, Ph. (1985): "A preference Ranking Organisation Method: the PROMETHEE METHOD for MCDM". *Management Science*, 31, nº6, pp.647-656.
- BRANS, J.P.; MARESCHAL, B.; VINCKE, Ph. (1986): "How to select and how to rank projects: the PROMETHEE Method". *EJOR, European Journal of O.R.*, 24, pp.228-238.
- BRANS, J.P.; MARESCHAL, B. (1992): "PROMETHEE V: MCDM problems with segmentations constraints". *INFOR, Canadian Journal of O.R.*, 30, nº2, pp.85-96.
- BRANS, J.P.; MARESCHAL, B. (1994): "The PROMCALC and GAIA Decision Support Systems (DSS)". *INFOR*. Vol. 12, nº4 y 5.
- BRANS, J.P.; MARESCHAL, B. (1994): "How to differentiate hard from soft Multicriteria Problems". *Discrete Mathematics*.
- MARCHANT, T.; MARESCHAL, B.; BRANS, J.P. (1994): "PROMETHEE and GAIA in a Multi-Decision Maker Environment. *EJOR*.
- MARESCHAL, B.; BRANS, J.P. (1988): "Geometrical Representation for MCDM, the GAIA procedure". *EJOR, European Journal of O.R.*, 34, pp. 69-77.
- MARESCHAL, B.; BRANS, J.P. : "The PROMCALC-GAIA Software", available from the authors at the Universities of Brussels.
- ROMERO, C. (1993): *Teoría de la Decisión Multicriterio: Conceptos, técnicas y aplicaciones*. Alianza Universidad Textos.

ROY, B. (1985): "Méthodologie multicritère d'aide à la Décision".  
*Economica*, p.423. París.

ROY, B.; BOUYSSOU, D. (1993): "Aide multicritère à la Décision: Méthodes et  
cas". *Economica*, p.700. París.

VINCKE, Ph. (1986): "Analysis of Multicriteria Decision Aid in Europe".  
*European Journal of Operational Research*, vol. 25, pp.160-168.