TEORIA DE LA DECISION

Cátedra: Dr. PedroF. J. Pavesi

Objetivos múltiples y en conflicto

Autor: Pedro F. J. Pavesi

Código: 171

Pabellón Universitario
5

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas

Teoría de la Decisión

OBJETIVOS MÚLTIPLES Y EN CONFLICTO

Iª Parte

Pedro F.J.Pavesi
Profesor Titular Emérito

OBJETIVOS MÚLTIPLES Y EN CONFLICTO

Primera Parte

Es este uno de los temas de gran importancia en Teoría de la Decisión. Se publica esta Primera Parte que se refiere a la problemática general de los objetivos (atributos) en conflicto.

Este texto es provisorio y su publicación tiende a mejorarlo antes de su edición definitiva a través de la prueba indiscutible del aula.

La Segunda Parte, de pronta aparición, tratará los métodos más usuales para resolver los problemas que los objetivos múltiples y en conflicto plantean al decididor.

Dr. Pedro F.J.Pavesi
Profesor Titular Emérito
Teoría de la Decisión

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas

Teoría de la Decisión

OBJETIVOS MÚLTIPLES Y EN CONFLICTO

Iª Parte

Pedro F.J.Pavesi
Profesor Titular Emérito

INDICE

OBJETIVOS MÚLTIPLES Y EN CONFLICTO

CONTENIDO

PÁG.

I. LOS OBJETIVOS

1. Los objetivos múltiples 1

2. Resultados y atributos 8

3. Los problemas de medición 10

4. Independencia y jerarquía de los objetivos múltiples 15

5. La importancia relativa de los objetivos 19

II. LOS OBJETIVOS EN CONFLICTO

6. El conflicto 20

7. Como se evita el conflicto en la vida real 25

.1 Redefiniendo el tiempo de obtención 25

.2 Redefiniendo los objetivos en general 25

.3 Fijando umbrales para ciertos objetivos 26

.4 Introduciendo restricciones sobre todos los objetivos, salvo uno. 29

.5 Comenzar a satisfacer el objetivo más importante y continuar luego con los otros. 31

.6 Concentración en el objetivo principal y transacción entre los distintos objetivos. 32

III. LOS PROBLEMAS BÁSICOS DE OBJETIVOS SIMULTÁNEOS Y DIVISIBLES

8. Simultaneidad, compatibilidad, divisibilidad 33

9. Análisis de la compatibilidad y de la divisibilidad de objetivos 36

9.1. Objetivos no compatibles y no divisibles 37

9.2. Objetivos compatibles y no divisibles 39

9.3. Objetivos no compatibles y divisibles 41

9.4. Objetivos compatibles y divisibles 44

EJERCICIOS 54

Abril 1997

EJEMPLOS

N°	EJEMPLO	PÁGINA
1	ENUNCIADO DE OBJETIVOS	7
2	UNA DECISIÓN PASIVA	9
3.	INGRESOS Y COSTOS	12
4.	OBJETIVOS CON LA MISMA UNIDAD DE MEDICIÓN	12
5.	COMPRA DE MISILES	13
6.	LOCALIZACIÓN DE PLANTA FABRIL	14
7.	LICITACIÓN DE DRAGADO	14
8.	POLÍTICA TRIBUTARIA	15
9.	FACTORES DE ADMIRACIÓN	15
10.	INDEPENDENCIA DE OBJETIVOS	17
11.	EVALUACIÓN DE UN PROFESOR	18
12.	OBJETIVOS EN CONFLICTO	20
13.	OBJETIVOS INDIVISIBLES	35
14.	OBJETIVOS DIVISIBLES	36
15.	DEPARTAMENTO O CASA	43

N°	DEFINICIÓN	PÁGINA
1	OBJETIVO	1
2	ELEMENTOS DE UN OBJETIVO	3
3	CONJUNTO DE OBJETIVOS	4
4	OBJETIVOS DIFERENTES	5
5	OBJETIVOS SIMULTÁNEOS Y OBJETIVOS COMPATIBLES	6
6	OBJETIVOS EN CONFLICTO	20
7	COMPATIBILIDAD	34
8	DIVISIBILIDAD	35

OBJETIVOS MÚLTIPLES Y EN CONFLICTO

PRIMERA PARTE

I. LOS OBJETIVOS

El tratamiento de los objetivos en una situación de decisión es sumamente complejo y requiere, guste o no, de una gran precisión de lenguaje para describir su problemática, su multiplicidad, sus conflictos, su jerarquía. Si bien este tema está analizado parcialmente en otra parte, no podemos dejar de resumirlo en cierta forma y de reiterar definiciones y precisiones.

1. LOS OBJETIVOS MÚLTIPLES

Recordemos algunas definiciones.

DEFINICIÓN 1: OBJETIVO
Un objetivo, para un decididor determinado, es un estado futuro de una variable del universo, que dicho decididor pretende obtener. En general, todo decididor ostenta varios objetivos simultáneos, los que denominaremos objetivos múltiples.

Por consiguiente, un objetivo implica:

- un decididor: no hay objetivo sin decididor ni, por nuestra definición de decididor, no hay decididor sin por lo menos un objetivo.

- por lo tanto, un objetivo es esencialmente subjetivo e inherente a una persona. Varias personas pueden tener el mismo o los mismos objetivos. Cuando hablamos de los objetivos de una organización, de un país, de un comité, estamos abusando del lenguaje: los objetivos siempre pertenecen a personas físicas. Estas pueden formar coaliciones o ejercer el poder u obtener consenso para imponer o compartir esos objetivos a/o con otras personas. El soporte de uno o más objetivos es siempre un ser humano y los objetivos son siempre subjetivos. Los grupos de personas, como tales, no tienen objetivos, si bien acostumbramos a expresarnos de esta forma. Los que tienen objetivos son los miembros del grupo, más o menos compartidos con los demás miembros, objetivos que se expresan a través del grupo a través de un mecanismo de consenso (de agregación) adoptado de alguna forma por esos miembros.

Cuando alguien adopta o acata o de cualquier forma hace suyos o comparte los objetivos de otro, está, en primer lugar, realizando o tratando de realizar uno o varios objetivos propios a través de la aceptación de objetivos de otros; en segundo lugar, los objetivos del otro se transforman en medios para obtener los objetivos propios.

En el proceso de agregación de objetivos de distintos decididores para tomar una decisión colectiva, entran en consideración elementos de la situación de decisión que pueden ser inexistentes en una situación de decisión individual pero ello no cambia el hecho que los objetivos pertenecen siempre a individuos.

- Los objetivos son siempre la concretización, la precisión de valores que el decididor quiere realizar, generalmente a través de una cadena de medios-fines que puede llegar a ser muy compleja. Los objetivos se obtienen, se realizan, se concretan. Si no hay voluntad de realización, el objetivo es potencial y si desencadena un proceso de decisión, éste es puramente especulativo.

- Los objetivos se corporizan a través de alguna variable del universo, definida al efecto por el decididor. Los objetivos se refieren siempre a algún estado (grado, nivel, valor) futuro de las variables correspondientes. No se define por ahora el grado de futuro: dentro de un minuto, una hora, una semana, un año, un siglo. Por lo tanto, la dimensión temporal en su modo futuro está indisolublemente asociada a la explicitación de un objetivo.

- Si bien se simplifican casos concretos de decisión atribuyendo al decididor un único objetivo (ganar dinero, ocupar espacio, ampliar mercado, conquistar el ser amado, etc.), todo ser humano, todo decididor, tiene SIEMPRE múltiples objetivos:

. horizontalmente: múltiples objetivos de la misma jerarquía, en distintos ámbitos de su actuación y en cada uno de esos ámbitos;

. verticalmente: a través de una jerarquía de objetivos, en los cuales unos son medios (menor jerarquía) de otros que constituyen sus fines (mayor jerarquía) y éstos a su vez son medios para fines superiores. A medida que se asciende la escala jerárquica, los objetivos son cada vez menos inmediatos y cada vez más generales y menos operativos.

Un punto esencial en el análisis de objetivos es de identificar a -y trabajar con- objetivos de la misma jerarquía o equivalente, como veremos en la Figura N°1.

Trataremos en general objetivos que pertenecen a una misma situación de decisión, a un mismo ambiente de vida del decididor. Es mucho más difícil hacerlo cuando se trata de distintos ámbitos en los cuales actúa el decididor.

Todo decididor, siempre, tiene múltiples objetivos porque tiene múltiples valores. Muchos de esos objetivos son contradictorios entre sí, quizás incoherentes, generalmente mal definidos. Todo decididor desempeña distintos roles, es actor en distintos ambientes, en distintas esferas de interés y para cada uno de ellas tiene sus valores y sus objetivos, a veces comunes a diferentes esferas de actuación, quizás algunos comunes a <u>todos</u> esos aspectos de su personalidad y actividades de su vida, muchos específicos y restringidos a alguno de esos ámbitos. Si juntáramos todos esos objetivos, sería inevitable encontrar conflictos, incoherencias e indefiniciones entre ellos.

En alguna forma, más implícita que explícita, nos referiremos aquí a sólo una esfera, sólo un campo, sólo una situación o un grupo de situaciones similares. Ello reduce la cantidad de objetivos a analizar, reduce las contradicciones, incoherencias y conflictos entre valores y, por consiguiente, entre objetivos pero <u>no elimina</u> esos problemas . Es sobre ese campo más delimitado de multiplicidad y conflictos que trabajaremos. Por otra parte, es así como opera el decididor, consciente o inconscientemente.

En general, el decididor optimiza sus objetivos en cada una de sus esferas de actuación. Es una optimización <u>local</u> que no garantiza la optimización <u>global</u> de <u>todos</u> sus objetivos en <u>todas</u> sus esferas de actuación.

<u>DEFINICIÓN 2. ELEMENTOS DE UN OBJETIVO</u>

Un objetivo O se define:

O: { X, E, T }

donde

X: variable del universo (variable-objetivo)
E: operador que fija el nivel deseado de X
T: Tiempo, plazo o fecha (futura) en que se pretende obtener, realizar, el objetivo.

DEFINICIÓN 3. CONJUNTO DE OBJETIVOS

Un conjunto de objetivos múltiples se define:

$O : \{ O_j, P_j \}$

donde:

O_j: **conjunto finito de objetivos donde j= 1,2 ...n (Definición 2)**

P_j: **ponderación de cada objetivo O_j**

Si verbalizamos la definición de un objetivo, simbolizada más arriba, obtendremos, por ejemplo:

OBJETIVO

"MAXIMIZAR LA GANANCIA (SIEMPRE)"

Variable X: la ganancia

Operador E: maximizar

Tiempo T: siempre

OBJETIVO

"LANZAR EL NUEVO MODELO AL MERCADO EN SEPTIEMBRE"

Variable X: el nuevo modelo a disposición del público

Operador E: operador de punto: alcanzar un estado determinado.

Tiempo T: Septiembre

Es muy común que, al hablar o al describir un objetivo, se mencione solamente la variable X, (o, a lo sumo, variable y operador E), un estado de la cual se quiere obtener: "el

beneficio", "eliminar la corrupción", "minimizar la contaminación", "la participación del mercado", etc.

En la Definición 3 de un conjunto de objetivos, si reemplazamos el símbolo O_j que se refiere a un objetivo particular, por la definición del mismo, tendremos:

$$O_j : \{ X_j, E_j, T_j \} \quad j = 1,2,.. n$$

Ello implica que, en un conjunto de objetivos múltiples, cada uno de esos objetivos pueden tener variables, operadores y tiempo de realización diferentes entre sí. Ello implica, además, que dos objetivos son diferentes con sólo tener uno de los tres elementos X,E,T diferentes. "Maximizar la ganancia este año" y "Maximizar la ganancia sobre los próximos 10 años" son dos objetivos distintos que se diferencian en T.

DEFINICIÓN 4. OBJETIVOS DIFERENTES

Dos objetivos son diferentes si alguno de sus elementos X,E,T difieren entre sí.

A los efectos de este capítulo, haremos las siguientes precisiones:

- Operador E

Como se ha visto en otra parte, el operador E fija el nivel deseado de la variable-objetivo. Un operador E puede ser:

. de optimización: "maximizar" o "minimizar" (no hay límite máximo o mínimo).

. de rango: "no obtener menos de ..." o "no obtener más de ....." u "obtener dentro de tal y cual límite" (son de optimización a partir de cierto límite, hasta cierto límite o dentro de ciertos límites).

. de punto: "obtener tal estado determinado, específico y ningún otro".

El enfoque de este capítulo, al tratar el conflicto de objetivos y su solución, tiende a referirse a operadores de optimización y de rango más que de punto. En general, supondremos -salvo manifestación expresa en contrario- que todos los objetivos de un conjunto dado de objetivos múltiples tienen el mismo operador.

- Tiempo T

En un conjunto de objetivos tenderemos a considerar el tiempo T igual para todos los objetivos considerados, a solo efecto de simplificar el tema. Sin embargo, nada impide que se analicen objetivos simultáneos o parcialmente simultáneos con plazos de realización diferentes y que este problema se resuelva con un método adecuado (por ejemplo, en el caso de flujo de fondos financieros sobre períodos distintos).

El tiempo T también conlleva un operador del tipo de E pero, en general y especialmente en este texto, no se lo distinguirá especialmente. En efecto, un objetivo puede obtenerse:

- En un período, es decir en el lapso que transcurre entre dos momentos de un calendario. Esta definición de tiempo tiene variantes de rango: "antes de tal fecha", "luego de tal fecha", "entre tal y tal fecha" o "en tal próximo período".

- En un momento dado: "tal día", "tal hora", etc. Pero como todo objetivo, en general, lleva algún tiempo para ser realizado (para ser convertido en resultado), esta modalidad de "punto" se confunde con lo de "período". Cuando T es definido sobre un período y este período es igual para dos o más objetivos, éstos serán simultáneos. Si los períodos de uno y otro objetivo se superponen parcialmente, los objetivos serán parcialmente simultáneos. Si los tiempos de realización no se superponen de ningún modo, los objetivos no son simultáneos y no son tratados aquí.

DEFINICIÓN 5. OBJETIVOS SIMULTÁNEOS Y OBJETIVOS COMPATIBLES
Dos objetivos son simultáneos si sus definiciones temporales (T) son iguales. Si se superponen parcialmente, son parcialmente simultáneos (y se tratan aquí como simultáneos)

Dos objetivos simultáneos son compatibles si ambos pueden ser obtenidos total o parcialmente en el mismo período.

Por ejemplo, "lanzar el producto A antes de Octubre" y "lanzar el producto B en Septiembre" son objetivos parcialmente simultáneos. Por supuesto, se hacen simultáneos en su formulación si se redefine al primero en "lanzar el producto A antes de Septiembre"

El tema de la simultaneidad es importante porque el tratamiento que haremos de atributos (ver más adelante) se referirá a atributos simultáneos.

- Ponderación P

Es este un elemento fundamental que será tratado en profundidad más adelante en distintas oportunidades. Se trata de la importancia relativa que los distintos objetivos de un conjunto de objetivos múltiples tienen para el decididor. Este puede tener varios objetivos pero algunos pueden ser más importantes, relevantes, demandantes que otros. La ponderación trata de medir esa diferencia de importancia. (La ponderación tiene la misma función que la probabilidad que mide la propensión a suceder relativa de distintos sucesos o que el factor $(1+i)^{-n}$ en el cálculo del valor actual de un flujo de fondos, factor que mide la disminución de importancia de un ingreso/egreso a medida que se aleja en el tiempo).

Ejemplo 1. Enunciado de Objetivos

A continuación, se expondrán algunos ejemplos de objetivos, expresados con todos sus elementos X,E,T o manteniendo E o T o ambos implícitos, y en lenguaje corriente.

1. Maximizar el beneficio
2. Minimizar el costo
3. Maximizar el rendimiento del activo
4. Obtener una Tasa Interna de Retorno no menor del 17%
5. Que no sea corrupto
6. Cerca del supermercado y del colegio pero lejos del ruido de la avenida.
7. Minimizar el riesgo
7. Desalojar las fuerzas enemigas en las primeras 24 horas
8. Conocimientos y capacidad para comunicarlos
9. Buen sueldo, trabajo interesante, posibilidad de ascenso y buen ambiente.
10. Experiencia, rapidez, costos
11. Mínimo consumo, comodidad de la cabina, capacidad de carga

Ejemplos de objetivos se han expuesto en el capítulo correspondiente a los elementos de la decisión.

2. RESULTADOS Y ATRIBUTOS

Es importante en este Capítulo precisar exactamente el significado de dos términos ("resultados" y "atributos") que representan aspectos ligeramente distintos de elementos indispensables en el análisis de la obtención de objetivos. (Especialmente porque trataremos aquí principalmente de "atributos).

Toda alternativa (o curso de acción) tiene consecuencias que dependen, por supuesto, de esa alternativa y también de eventos que influyen sobre esas consecuencias. Ciertas consecuencias están relacionadas con los objetivos del decididor: son los resultados que constituyen un grado de realización, de concreción, de obtención de los objetivos. Los objetivos son expresiones de deseo de algo y de voluntad de realizarlos. Esta situación de decisión es esencialmente activa, es la de intervención en el mundo, es la de la acción que implica que el actor puede tener cierta influencia en el grado de realización de sus deseos, realización sometida también al azar y/o a la acción de los demás.

Pero no siempre una situación de decisión tiene esa característica. Una alternativa puede consistir simplemente en elegir una situación, un objeto, un conjunto de elementos, una porción del universo ya dada y determinada, sobre la cual el actor no tiene influencia. La única libertad del actor es la elección o rechazo de una porción del universo tal cual es, sin poder modificarla. Es una situación en la cual el actor es esencialmente pasivo, debe elegir entre cosas dadas. Puede buscar otras cosas, pero éstas también le serán dadas.

En la vida real, es sumamente frecuente que una situación de decisión presente ambas facetas cuyos casos extremos hemos expuesto en los párrafos anteriores. La creación, el lanzamiento, la promoción de un producto constituyen un conjunto de situaciones de decisión activa. La elección de un candidato a un puesto político, de un automóvil, de una ruta para llegar a un punto determinado, de un lugar de veraneo, de la ubicación de una fábrica, de una cabeza de playa para un desembarco, de un aeropuerto, de un depósito de materias nucleares, de un embalse, constituyen decisiones pasivas (o son esencialmente pasivas: pocos elementos pueden ser influidos, modificados, por el decididor: están dados).

Las situaciones descriptas anteriormente son extremas: en general, las situaciones que se presentan tienden a permitir cierto grado de intervención del decididor o en un mismo conjunto de alternativas se mezclan pasivas con activas. La elección de compra de una casa ya construida entre un conjunto de alternativas (pasiva) con la alternativa de construir su propia casa (activa) constituye una situación mixta.

Ejemplo 2: Una decisión pasiva

Usted está por alquilar un departamento para usted y su pareja ¿Qué pretende de ese departamento? Supongamos que Ud. quiere que sea:

- lo más barato posible (*costo*)
- suficientemente amplio para que Ud. pueda vivir cómoda (no le gustan los dormitorios pequeños, necesita un lugar para trabajar, que haya lugar para un futuro bebé, etc.) (*composición*)
- cercano a su trabajo, al supermercado y lejano del domicilio de los padres de ambos, (*distancia de ciertos puntos de atracción*)
- con luz y preferentemente soleado (*luz y orientación*)
- situado en un barrio agradable (*barrio*)

(Por supuesto, puede agregar requerimientos o descomponer los ya expuestos). (También puede agregar algún elemento activo: proyectar derribar un tabique para ampliar el dormitorio).

Estos requerimientos son sus objetivos o, más precisamente, las variables, principales componentes de sus objetivos. Debe quedar claro que estas variables tienen una existencia (mental) en el pensamiento y raciocinio del sujeto y se supone que representan elementos del mundo, de acuerdo al particular punto de vista de ese sujeto.

Cuando se trata de decisiones pasivas, que consisten en elegir entre sistemas, partes del mundo, sobre los cuales el decididor tiene poca o ninguna influencia, las variables correspondientes a esos sistemas o partes del mundo, se denominan generalmente atributos. Así que la ubicación del departamento, la luz que recibe, la distancia de la casa de sus suegros son atributos del departamento, los que pueden asumir diversos niveles, grado o valores (*muy* soleado, *lejos* del subterráneo, etc.), de igual forma que las variables de sus objetivos por la sencilla razón que "objetivos" y "atributos" son sinónimos.

¿Por qué entonces utilizar la palabra "atributo" y no la palabra "objetivo" (o "variable")? Porque se adapta mejor a este tipo de decisión, porque culturalmente es más adecuada, porque es la costumbre.

Los niveles, grados, valores, estados de los "atributos" son, por supuesto, "resultados" pero esta palabra se emplea poco en estos casos ya que se asimila más a las consecuencias (activas) de una acción que al estado (pasivo) de una posición determinada del mundo.

Por lo tanto, por razones simplemente culturales, hablaremos de "objetivos" y "resultado" en situaciones de decisión activa y de "atributos" en situaciones de decisión pasiva.

En la literatura de habla inglesa, es muy común utilizar la palabra "criterio" en lugar de "atributo" (*MCDM: Múltiple Criteria Decision Making*) pero esa palabra es también utilizada en forma relevante con un sentido totalmente diferente, por lo cual no la utilizamos en esta clase de problemas. Últimamente, la literatura en inglés utiliza también la palabra "atributo" (MADM: *Multiple Atribute Decision Making*).

En el ejemplo 1, utilizaremos la denominación "variable" para los ejemplos 1,2,3,4,7 y la denominación "atributo" para los demás (si bien la "corrupción" del Ejemplo 5 puede ser una variable cuando se habla en general de un fenómeno social y un atributo cuando se habla de una persona determinada). De todos modos, se insiste, ambas denominaciones son sinónimas, equivalentes en el análisis de objetivos y se diferencian solamente por las circunstancias del contexto de decisión.

Tratándose de atributos de situaciones pasivas (objetos, personas, lugares) éstos tienden a ser simultáneos, lo que dará lugar a situación de conflicto.

3. LOS PROBLEMAS DE MEDICIÓN

Todo decididor, siempre, tiene múltiples valores y por lo tanto múltiples objetivos, aún cuando puede operarse frecuentemente con la ficción de que existe uno solo, generalmente el más importante, el dominante.

Múltiples objetivos implican múltiples variables y nada garantiza que todas esas variables puedan ser medidas en las mismas escalas de medición. Más aún, en general, las mediciones de variables múltiples corresponden a escalas diferentes. El problema fundamental que se presenta es, entonces, **¿cómo nos arreglamos con múltiples objetivos con variables medibles en escalas distintas?.**

Por qué medir

El primer punto a aclarar, si bien puede aparecer como trivial, es: ¿por qué necesitamos medir?. Las variables de los objetivos deben ser medibles de alguna forma porque:

- Salvo los casos de objetivos no divisibles (se obtiene todo o no se obtiene nada), es necesario "medir" el grado de obtención, de realización de los mismos. Dicho de otro modo, es necesario medir los resultados, a fin de saber cuánto hemos sido eficaces, si los resultados o los atributos superan un mínimo satisfactorio, etc. Por supuesto, no es siempre necesario medir, es decir asignar números pero sí es conveniente y útil en la mayor parte de los casos, en el ámbito en el cual se aplica este texto.

- Por supuesto, la utilidad de la medición no se refiere sólo a los resultados obtenidos sino también a los previstos a fin de analizar la situación de decisión antes de elegir la alternativa más satisfactoria.

- Existiendo varios objetivos, a cuya satisfacción total o parcial se accede a través de diferentes alternativas, necesitamos *agregar* los distintos resultados previstos para obtener, por medio de operaciones varias, el resultado global de cada alternativa. Esto se hace más fácilmente si podemos medir resultados o atributos y si podemos hacerlo en una misma escala de medición.

- Diferentes alternativas pueden ofrecernos distintos grados de obtención de los mismos objetivos. Podremos y debemos evaluar si el aumento en la obtención de un objetivo compensa la disminución en la obtención de otro.

Dadas dos alternativas **h** y **g** que conducen a los siguientes resultados previstos en cuanto a los objetivos O_1 y O_2:

h: R_{h1}, R_{h2}
g: R_{g1}, R_{g2}

donde: $R_{h1} > R_{g1}$ y $R_{h2} < R_{g2}$

es decir que **h** promete más resultado de O_1 que **g** en tanto que **g** promete más resultado de O_2 que **h** ¿cómo saber si lo que se gana en uno de los objetivos compensa lo que se pierde en otro, *admitiendo que tal compensación sea posible*?. No existe otra solución que medir en alguna forma (la "utilidad" es una medida).

La agregación de distintas escalas de medición

Identificados distintos objetivos, cada uno con su variable, medibles varias o todas ellas en distintas escalas de medición, ¿cómo nos arreglamos para juntar todas esas mediciones, para agregar los resultados y obtener una evaluación global de cada alternativa, evaluación que permite compararlas entre sí?. Especialmente, ¿cómo lograrlo si algunos objetivos son más importantes que otros?

Un problema que se presenta en el análisis de los objetivos es el siguiente: identificados distintos objetivos y concluido que todos ellos se miden con la misma escala de medición, ¿estamos seguros que se trata de objetivos distintos? ¿no se tratará de sub-objetivos, medios para un objetivo superior que los engloba, de modo que todos pueden agregarse en un objetivo único? En este último caso, no existirían en realidad objetivos múltiples sino un solo objetivo que los incluye a todos y el problema de agregación desaparece, porque desaparecen los objetivos múltiples para reducirse a uno solo.

Viceversa, el hecho que objetivos, previamente identificados como distintos, se midan en una misma escala de medición ¿implica obligatoriamente que se trata de un mismo y único objetivo? ¿O pueden existir objetivos múltiples, con distintas ponderaciones, por ejemplo, medibles con la misma unidad de medición?

Ejemplo 3. Ingresos y Costos

En una operación comercial, D quiere maximizar el monto de venta de una cantidad dada de productos y minimizar el costo de los mismos. Aparecen dos objetivos, medibles en unidades monetarias. Pero en realidad, son uno solo: maximizar el beneficio, es decir la diferencia entre monto de ventas y costos.

Ejemplo 4. Objetivos con la misma unidad de medición

D está eligiendo entre dos domicilios dados. Entre los múltiples atributos de cada uno de ellos, tomemos la distancia del lugar de trabajo al cual concurre todos los días y la distancia del club donde va todos los fines de semana.

La alternativa A se encuentra a 1 hora de viaje por tren y subte del trabajo y a 2 horas de viaje en coche del club. La alternativa B se encuentra a 2 horas de viaje del trabajo por el mismo tren y subte y a 1/2 hora de viaje en coche del club. ¿Se trata de dos objetivos distintos: minimizar la distancia al trabajo y minimizar la distancia al club? ¿ó de un solo objetivo: minimizar las distancias de los lugares de actividad?

La enseñanza de este capítulo es que se trata de dos objetivos distintos: los diferentes medios de transporte, las distintas circunstancias del viaje, llevan a esa conclusión. Dos objetivos medibles con las mismas unidades de medición no son obligatoriamente parte de otro objetivo único. Por otra parte, es necesario discutir si la unidad de medida, expuesta aquí como igual para ambos casos, está bien elegida y si no pueden utilizarse diferentes unidades o agregarse objetivos complementarios: comodidad del viaje, por ejemplo.

Ejemplo 5. Compra de misiles

La Armada Argentina está estudiando la compra de misiles aire-mar. Además del costo, se determinó que los atributos a evaluar para la compra son:

- peso y volumen del misil para determinar la cantidad que los aviones actuales de la Aeronáutica Naval pueden llevar.
- poder explosivo
- distancia útil que el misil puede recorrer desde que es disparado.
- vulnerabilidad del mecanismo de guía y sistema defensivo contra las perturbaciones electrónicas que el enemigo puede utilizar.
- precisión del impacto.

Aquí tenemos distintos atributos (que responden a distintos objetivos) y que tienen distintas escalas de medición.

Ejemplo 6. Localización de planta fabril

Una empresa multinacional fabricante de automóviles, con sede administrativa en Capital Federal, está considerando donde instalar su fábrica. Un alto porcentaje de su producción será destinado al Mercosur, fundamentalmente Brasil. También recibirá de Brasil el 30% del peso de cada unidad en partes. Tiene en cuenta, entre otros, los siguientes atributos de cada posible localización:

- Costo de la planta: varía de acuerdo a localización
- Infraestructura de servicios públicos, especialmente salud y educación.
- Impuestos provinciales y municipales
- Disponibilidad de mano de obra, incluyendo empleados, especializados, escuelas técnicas.
- Telecomunicaciones
- Distancia y costo de transporte desde puntos de aprovisionamiento.
- Distancia y costo de transporte hacia centros de consumo
- Predisposición a la colaboración de las autoridades locales del Sindicato obrero (no obstante el Convenio suscripto con el Sindicato a nivel nacional).
- Dependencia de la población del empleo generado por la fábrica.
- Alojamiento y calidad de vida de los ejecutivos de la fábrica que deban ser trasladados desde otras localizaciones.
- Provisión local de ferretería industrial, talleres especializados en arreglos específicos y urgentes.

Ejemplo 7. Licitación de dragado

Por Resolución 464/94 del Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos, se llamó a licitación para el dragado y mantenimiento del Canal Mitre del Río de la Plata. Esta licitación fue muy discutida y volveremos sobre ella más adelante. Los atributos evaluados fueron.

1. Estudio hidrográfico; 2. Estudio de suelo y sedimentología; 3. Medición y datos propios; 4. Volumen de apertura; 5. Plan de dragado; 6. Plan de balizamiento; 7. Estudio de Tráfico; 8. Control de Tráfico; 9. Metodología de futuros estudios; 10. Recursos técnicos y humanos . Anteproyecto.

Ejemplo 8. Política Tributaria

El Gobierno Nacional está estudiando un rediseño de la política tributaria. Los objetivos tenidos en cuenta son los siguientes (el orden no indica importancia):

Recaudación, Equidad, Facilidad de Administración. Redistribución de ingresos, Promoción del crecimiento del PBI, Promoción de Inversiones Extranjeras, Aceptación por grandes grupos empresarios, Aceptación por el contribuyente en general, Orientación en la demanda de productos,etc.

Ejemplo 9. Factores de admiración

El diario Página 12 publica el 26 de Mayo de 1996 una encuesta acerca de personas admiradas por el público. La encuesta abarca 600 personas y compara las razones por las cuales se admiran ciertas personalidades de trascendencia pública en 1992 y en 1996. Estas razones son las siguientes (en ese orden en 1996):

Sensibilidad Social, Justicia Social, Etica-Moral-Coherencia, Desempeño profesional, Ideas-Principios, Obras realizadas, Patriotismo, Capacidad-Inteligencia, Coraje-Valor-Entrega, Liderazgo.

Por supuesto, estos conceptos constituyen atributos de las personas admiradas. (Obsérvese la dificultad en mantener independientes entre sí las definiciones de los atributos).

Los ejemplos anteriores muestran claramente que los atributos (objetivos) tenidos en cuenta en situaciones absolutamente normales implican difíciles problemas de medición y de agregación de esas mediciones. De paso, si bien en un Capítulo anterior hemos desarrollado solamente principios de medición básica, también es necesario utilizar en esos casos mediciones derivadas: por ejemplo, tasa interna de retorno (TIR), pasajeros/kilómetros, etc.

4. INDEPENDENCIA Y JERARQUÍA DE LOS OBJETIVOS MÚLTIPLES

Para el tratamiento de situaciones con múltiples objetivos es necesario que, en cada situación, estos cumplan con dos condiciones fundamentales:

REQUISITOS PARA EL TRATAMIENTO DE OBJETIVOS MÚLTIPLES

- **Independencia en su definición**: un objetivo no puede "contener" parte o totalidad de otro, igualmente tratado.

- **Jerarquía**: todos los objetivos deben tener un mismo nivel jerárquico. No pueden tratarse al mismo tiempo objetivos-medios y objetivos que son fines de esos medios. (O si algunos objetivos tienen un nivel inferior debe representar todos los medios posibles para obtener un objetivo del mismo nivel de los demás).

Como ya hemos visto, todos los elementos de una situación de decisión deben cumplir -por lo menos en la teoría desarrollada en este texto- con las siguientes condiciones:

1) Ser contables y finitos, es decir que puede establecerse una correspondencia de un conjunto ordenado y finito de números enteros con los objetivos tenidos en cuenta. En otras palabras, podemos numerar los objetivos con números enteros desde el número 1 hasta cualquier número entero. En la práctica, se trabaja en general con no más de 7/10 objetivos, principalmente con 3 a 5, si bien existen casos en que el número de objetivos puede superar la decena. De acuerdo a una conocida teoría (Miller, 1956) la cantidad de variables que puede manejar el ser humano es 7 más o menos 2 (entre 5 y 9).

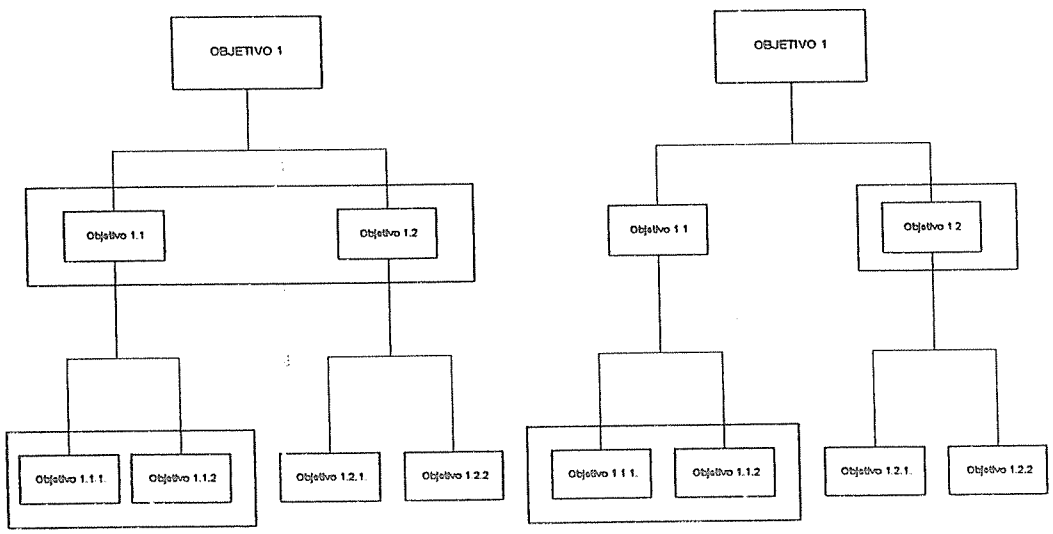
Este requisito se simboliza con el subíndice del objetivo O_j para $j = 1,2...n$

2) Ser independientes en su definición. Un objetivo debe ser definido de forma tal que no incluya a otro objetivo tratado en la misma situación. Esto implica que no deben tratarse simultáneamente dos objetivos, uno de los cuales es el medio para obtener el otro o uno de los cuales está contenido en otro. Veamos algún ejemplo.

Ejemplo 10. Independencia de objetivos

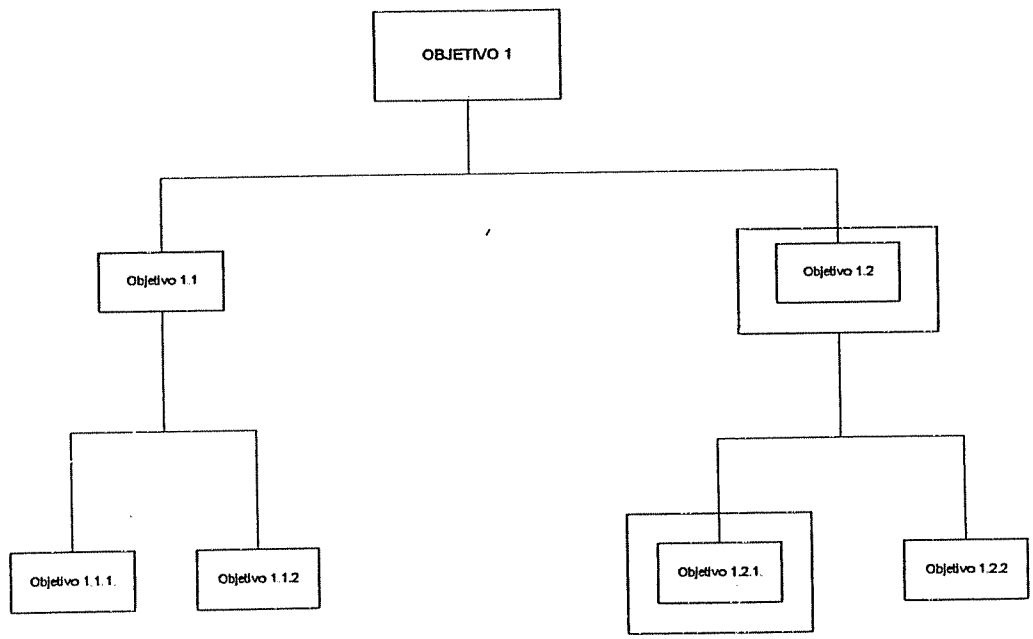
En el ejemplo 9, los atributos "Etica-Moral-Coherencia" y "Desempeño profesional" son independientes en su definición: no se contienen mutuamente, total o parcialmente. Un alto desempeño profesional puede ser alcanzado con ética o sin ella y viceversa. Funcionalmente, también pueden considerarse independientes: un incremento en el desempeño profesional no implica, obligatoriamente, un aumento o una disminución en la ética o la moral, y viceversa.

Es más dudoso que "Liderazgo" sea independiente por definición de "Capacidad-Inteligencia". Se puede ser capaz e inteligente sin ser líder pero el "liderazgo" implica, generalmente, capacidad e inteligencia. Estos últimos atributos son medios para alcanzar el liderazgo, de modo que no hay independencia por definición. Esto resulta tolerable en estos casos en los cuales los atributos son definidos con la imprecisión del lenguaje corriente. Una definición precisa de "capacidad" y de "liderazgo" puede eliminar la falta de dependencia por definición.



Mantener el mismo nivel jerarquico para el analisis

FIGURA Nº 1



No se mantiene el mismo nivel de analisis
Figura Nº 2

Ejemplo 1: Evaluación de un profesor

En la evaluación de un profesor en un concurso, el atributo "Conocimiento del tema" tiende a contener los atributos "Publicaciones realizadas sobre el tema" y "Cursos tomados sobre el tema" (Estos son medios para obtener el conocimiento) pero "Conocimiento del tema" puede considerarse independiente del atributo "Capacidad de exposición". (El conocimiento no implica capacidad didáctica y viceversa).

Los objetivos bajo consideración deben encontrarse en un mismo nivel de jerarquía en cuanto a la obtención de un objetivo superior. Esto puede llevar a problemas prácticos de cierta dificultad.

En la Figura N°1, se puede analizar, por ejemplo, una situación con los objetivos 1.1. y 1.2. o una situación 1.1.1. y 1.1.2. También se puede analizar una situación con los objetivos 1.1.1. y 1.1.2. y el objetivo 1.2. porque los objetivos 1.1.1. y 1.1.2. conforman totalmente el objetivo 1.1.(y se equiparan así a éste último). Esto

es, por lo tanto, equivalente a analizar los objetivos 1.1. y 1.2. simultáneamente.

En la Figura N°2 se representa una situación erróneamente analizada: el objetivo 1.2. contiene el objetivo 1.2.1. (este es un medio para la obtención del objetivo 1.2.) por lo tanto no se deben analizar conjuntamente porque existe una superposición: los objetivos analizados no son definidos independientemente.

Un caso importante de violación de la jerarquía de los objetivos es el de los "Objetivos Nacionales" fijado por decreto en los '70. Eran más de un centenar y sin orden alguno incluían enunciados como "Desarrollar la Minería" y "Comprar 17 buques Panamax de 60.000 Toneladas". Por supuesto, no existía ni ordenamiento ni producción.

5. LA IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS OBJETIVOS

Cuando un decididor tiene objetivos múltiples en una situación determinada, sucede en general que no todos tienen la misma importancia. "Sobrevivir" es un objetivo y "vivir bien" es otro. Generalmente, son simultáneos. Pero, indudablemente, el primero es más importante que el segundo, en el sentido que, llegado el caso, estamos dispuestos a sacrificar el segundo en aras del primero.

Sin llegar a ejemplos tan extremos, es indudable que existen objetivos más importantes que otros. En este Capítulo se da por supuesto que el decididor puede establecer un orden de importancia de sus objetivos o determinar si son de igual importancia, (denominaremos este último caso como "indiferencia").

El orden de importancia de los objetivos (o, simplemente, el orden) es fundamental en la vida práctica, como veremos, y también para la metodología que desarrollaremos. Para la Teoría, es considerado un requisito mínimo de racionalidad.

Pero como se ha visto al tratar la Teoría de la Medición, un orden no da información sobre la "distancia" entre los elementos ordenados. Decir que A es superior a B es un orden válido tanto si A es apenas superior o si es extremadamente superior a B. Para ello, deberemos introducir una medida de esa importancia que es la ponderación. Por supuesto, deberá utilizarse una escala superior al orden simple. En los casos tratados en este capítulo, la ponderación se mide en una escala racional. Ella nos dirá no solamente que un objetivo es más importante que otro sino también cuanto más importante.

Lo extraordinario es que, en casos relevantes y destacados de la vida real, ni siquiera se establece orden de importancia alguno,

en forma explícita y coherente. Todos los Planes Quinquenales elaborados en nuestro país, por ejemplo, no ordenan sus objetivos por importancia o prioridad. De allí que debería suponerse que son todos igualmente importantes. Si los recursos no fuesen escasos , esto no presentaría problemas pero los recursos sí son escasos. De modo que no se establecen criterios para una "mejor" asignación de esos recursos. ¿Qué se entiende por "mejor"? Que los recursos escasos se utilicen de forma tal que se maximice la realización de los objetivos, que se obtenga el máximo posible de resultados con los recursos disponibles.

En la vida práctica, en general, se tiene alguna idea del orden de importancia o prioridad. Pero, a menudo, esa "idea" no se elabora suficientemente, entra en contradicciones, es inestable. Lo que pretendemos aquí es lo contrario: establecer para cada situación de decisión con objetivos múltiples, un orden de importancia (y una ponderación) suficiente y explícita para una mejor asignación de los recursos escasos.

II. LOS OBJETIVOS EN CONFLICTO

6. EL CONFLICTO

Definición 6. OBJETIVOS EN CONFLICTO.

Dos objetivos están en conflicto cuando el incremento en la realización de uno implica una reducción en la obtención del otro.

Esta es la definición (llamada paretiana, por Pareto) que utilizaremos en este Capítulo. Una definición más amplia es utilizada a veces en la literatura: existe conflicto no sólo cuando el aumento en la realización de un objetivo disminuye la realización del otro, pero también cuando impide el aumento de la realización del otro (es decir que lo fija, lo congela). Esta ampliación del concepto de conflicto no resulta de utilidad en este texto. En el Ejemplo 12, se incluyen algunos casos de objetivos múltiples, simultáneos, en conflicto.

Ejemplo 12. Objetivos en Conflicto

- ... ganar más dinero pero a costa de mi vida familiar.
- Puedo apurar mi carrera pero a costa de mi calidad de vida.
- Se puede construir una nueva pista en el aeropuerto a costa de mayor agresión ecológica y resistencia de la población. Se puede construir un nuevo aeropuerto pero con una inversión mucho mayor.

- Podemos ofrecer un mejor servicio pero a un mayor costo.
- Podemos dar mayor capacitación pero corremos el riesgo que, una vez capacitada, la gente se vaya a empresas competidoras.
- Podemos aumentar las ventas dando mayor plazo de pago pero eso demanda mayor capital de trabajo.
- Esta inversión ofrece mayor rentabilidad que las actuales pero tiene menor liquidez.
- La fecha promedio de cobranza de la cartera A es más cercana que la de la cartera B pero la dispersión de las fechas con respecto a la media es mayor también.
- Podemos abrir más sucursales pero eso nos complica grandemente la administración
- Esta interpretación de la ley tributaria nos es favorable pero corremos el riesgo que no sea aceptada por el Fisco.
- Mi novio/a no es muy inteligente pero la familia tiene mucho dinero.
- En la casa A, tengo más espacio y luz pero estoy lejos del colegio y del trabajo en tanto que la casa B es más reducida y oscura pero está muy bien situada tanto para el trabajo y el colegio como por las compras y la lejanía de mi familia.
- Podemos aliviar el peso de este artefacto pero aumentamos el riesgo de rotura.
- Se puede orientar mejor esta casa pero perdemos terreno utilizable para jardín y esparcimiento.
- Este candidato me parece muy capaz y experimentado pero no me gustan los antecedentes de su partido y de quienes lo rodean. ¿No será mejor aquel otro, menos experimentado, pero sostenido por una estructura partidaria honesta?
- Respeto del derecho positivo o búsqueda del bien común.
- Producir cañones o manteca, desarrollar la industria pesada o favorecer el consumo.
- Orden o libertad.

Por supuesto, podemos ejemplificar infinitos objetivos en conflicto.

Comentaremos la noción de <u>conflicto</u> que surge de la definición anterior.

.1 El conflicto aparece en la concreción de los objetivos, en la obtención de los resultados, previstos o realizados. Nada impide que convivan en un decididor dado objetivos en conflicto, en su estado conceptual y, en realidad, ello es el estado natural del ser humano. El problema se presenta cuando se trata de poner en marcha la <u>realización</u> de esos objetivos.

Objetivos simultáneos no tienen porqué estar en conflicto si pueden obtenerse sin que la realización de unos reduzca la realización de otros. El conflicto, por supuesto, nace cuando existen objetivos múltiples pero el hecho que existan objetivos múltiples no garantiza que exista conflicto (por lo menos teóricamente; en realidad, la multiplicidad de objetivos aumenta grandemente la probabilidad de conflicto).

.2 El conflicto que trataremos aquí es el conflicto **intra**personal, es decir el conflicto que asalta a un decididor único, por sus propios objetivos contradictorios. No trataremos el conflicto **inter**personal, es decir el conflicto entre decididores: empresas que pelean una posición en el mercado, comprador y vendedor que quieren obtener las mayores ventajas para sí mismos, sectores económicos perjudicados algunos y beneficiados otros por una política pública en estudio, fuerzas armadas enemigas que quieren ocupar la misma colina, etc. Ambos tipos de conflicto, el interno de un decididor y el que ocurre entre decididores tienen rasgos teóricos comunes pero también importantes diferencias. El conflicto interpersonal, entre actores distintos, será tratado en otro capítulo.

.3 Se acostumbra decir que el conflicto entre objetivos nace de su interdependencia. Eso es casi una perogrullada que no dice mucho. El conflicto nace de restricciones y revela restricciones.

Trataremos de clasificar estas restricciones, plenamente conscientes que las clases brindadas aquí no son absolutamente independientes, que en muchos casos se superponen.

- Recursos (tiempo y dinero)

- Si se dispone de tiempo sin límite y de todo el capital necesario, muchos conflictos de objetivos (intrapersonales) desaparecen. Estas restricciones son las más comunes en el ámbito económico.

En realidad, la obtención o mantenimiento, conservación de recursos, al ser estos medios importantes para la obtención de objetivos, también constituyen objetivos. Obtener algo hoy es un objetivo distinto a obtenerlo mañana y podemos desear (o estar obligados) a minimizar el tiempo de obtención de resultados. El reducir costos-inversión para un mismo rendimiento también es un objetivo. De modo que estas restricciones se superponen a algunas de las otras clasificaciones, especialmente a las restricciones de hecho o naturales.

- Naturales (físicas, biológicas, tecnológicas, etc.). No se puede hacer más resistente un artefacto sin aumentar su peso; no se puede hacer más veloz o más cómodo un automóvil sin incrementar el consumo de energía, no se puede llevar a cabo un proyecto sin que tome tiempo y dinero, no se puede exigir un tiempo de trabajo superior a cierto límite sin recibir consecuencias negativas, no se puede inventar un motor que se realimenta a sí mismo, un ser humano no puede volar sin aparatos especiales, etc.

- De hecho: la selección de productos, localizaciones, oferentes, sistemas puestos a nuestra disposición, no es suficientemente amplia como para ofrecer una opción óptima cuyos atributos satisfaga todos nuestros objetivos. Lo más probable es que una opción realice más el objetivo A que el B y que otra opción, al revés, satisfaga más B que A. No habiendo otras opciones, nos encontramos con un conflicto de objetivos (atributos). En realidad, ese conflicto puede ser originado en una restricción más profunda de escasez de recursos: falta de tiempo para buscar más opciones o de dinero para afrontar una opción que pueda maximizar tanto A como B.

Frecuentemente, existe confusión entre restricción y objetivo. Ello se debe a que algunos objetivos juegan el papel de restricciones en la obtención de otros, en determinadas situaciones.

Una restricción es todo lo que restringe, impide que una variable adopte todos los comportamientos potenciales imaginables. Un objetivo puede ser o no puede ser una restricción para otro objetivo. La cualidad de "objetivo" es otorgada por el decididor a una variable determinada y esta puede ser o no puede ser una restricción. La eliminación de una restricción puede convertirse en un objetivo, pero no obligatoriamente. Por lo tanto, si bien un objetivo puede constituirse en restricción de otro objetivo, "objetivo" y "restricción" son dos conceptos diferentes: "restricción" es una cualidad que un objetivo puede tener o no y que otras muchas cosas, conceptos, eventos, sentimientos pueden tener o no.

Un antiguo chiste pregunta si Ud. prefiere la riqueza (R) o la salud (S). En realidad, el planteo es establecer un orden de preferencia entre las cuatro opciones posibles: riqueza o no riqueza, salud o no salud. Simbólicamente ($\neg$ indica negación) la escala de preferencia más aceptada es:

$$(R, S) \succ (\neg R, S) \succ (R, \neg S) \succ (\neg R, \neg S)$$

Por supuesto, riqueza y salud es lo preferido y ambos objetivos no tienen porque ser conflictivos. Pero si se dan conjuntamente solamente las 2ª y 3ª opción, nos encontramos con un conflicto por restricciones de hecho y naturales.

- Culturales: los mismos objetivos, como conceptos mentales, están influidos por restricciones culturales, creencias, ideologías, principios, cuyos límites no están, en general, definidos en forma precisa y que permiten distintos grados de satisfacción. El incremento en la obtención de un objetivo puede, por ejemplo, implicar cierta violación de nuestros principios de respecto a los demás o de la noción de justicia o de ética que forma parte de nuestro acervo cultural.

- Certeza/Riesgo: estos constituyen restricciones del mismo tipo que las que surgen de la escasez de recursos porque, en general, la certeza en la obtención de un objetivo (resultado) *es también un objetivo.* Este tipo de situación será tratado en capítulos especiales pero veamos de qué se trata.

Supongamos que deseamos el estado K de una variable determinada y que se nos presentan dos alternativas: la A nos ofrece K con certeza (probabilidad de K=1) y la B nos la ofrece con riesgo (K, con probabilidad < 1 y nada con probabilidad 1-probabilidad de K).

Parece evidente que se elegirá A y así lo requiere la Teoría de la Decisión. No hay conflicto.

Pero supongamos que K es preferido (es mayor, si se quiere) que K´ pero que P (K) < P(K´) donde P (K) es la probabilidad de K. Se nos presentan las alternativas:

A: [K, P(K); 0, 1-P(K)]
B: [K´, P(K´); 0, 1-P(K')]

Es decir que con A obtenemos más que con B pero la probabilidad de obtener es mayor en B que en A. Tenemos allí un conflicto cuyo tratamiento será postergado hasta que estudiemos las metodologías de decisión bajo riesgo. No trataremos esta situación como conflicto, pero se verá que la metodología utilizada tendrá la misma estructura que el Método Lineal que desarrollaremos en este capítulo.

La confusión entre restricción y objetivo se debe a que algunos objetivos juegan el papel de restricciones en la obtención de otros, en determinadas situaciones.

7. COMO SE EVITA EL CONFLICTO EN LA VIDA REAL

Con prescindencia de los métodos analíticos, matemáticos, que podamos inventar para solucionar los conflictos que surgen cuando el incrementar la obtención de un objetivo reduce la obtención de otro, ¿cómo se arreglan los decididores de carne y hueso con esos conflictos, en la vida real, sin utilizar métodos analíticos desarrollados?

.1 Redefiniendo el tiempo de obtención:

Esto sucede frecuentemente cuando la raíz del conflicto reside en el tiempo T. Sencillamente, se redefine T. Se postergan todos los objetivos conflictivos, salvo uno, se los reparte en ese tiempo de modo que dejen de ser simultáneos. Dos objetivos simultáneos tienen propensión a ser conflictivos: postergado uno con respecto al otro, se reparte su obtención sobre el tiempo y se evita el conflicto. Ello implica obligatoriamente fijar, tácita o explícitamente, un orden de importancia sobre los objetivos.

No siempre esta distribución en el tiempo es plenamente consciente y no siempre se sigue un estricto orden de importancia: el decididor sale del problema redistribuyendo el tiempo de acuerdo al apremio, a las presiones, a la importancia de problemas conexos o simplemente el grado de dificultad que presenta el conflicto (se postergan los problemas más complicados) o a su personal afinidad con el problema.

.2 Redefiniendo los objetivos en general:

Ello constituye una generalización de lo anterior. Se hace menos exigente el operador E o se pasa a un objetivo superior, más indefinido en X. Si el objetivo en X es indivisible (se obtiene todo o nada), se lo flexibiliza haciéndolo más amplio y divisible o se cambia simplemente de variable. ¿En otras palabras, se elimina el problema cambiando la situación de decisión por otra sin (o con nuevo) conflicto. El conflicto entre los objetivos A y B puede darse dentro de ciertos límites de realización de ambos pero no fuera de esos límites. El colocar el operador E fuera de esos límites elimina el conflicto.

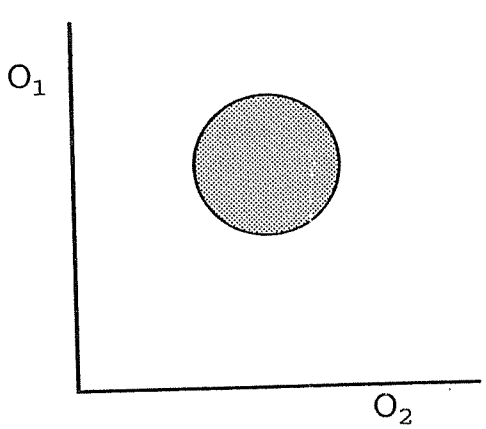


Figura 3.1

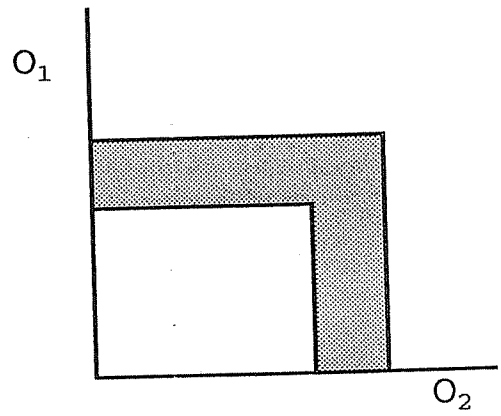


Figura 3.2

Campos de conflicto
Figura N° 3

En la Figura N°3, esta idea es representada esquemáticamente: las zonas sombreadas son zonas de conflicto, en este caso, por ejemplo, de incompatibilidad absoluta, ambos objetivos no pueden convivir en dichas zonas. Por supuesto, no son casos muy comunes en la práctica. Pero si este método es muy utilizado: se reduce, por ejemplo, el nivel de aspiración en un objetivo en conflicto (se cambia E) y desaparece el conflicto (lo que no siempre resulta fácil).

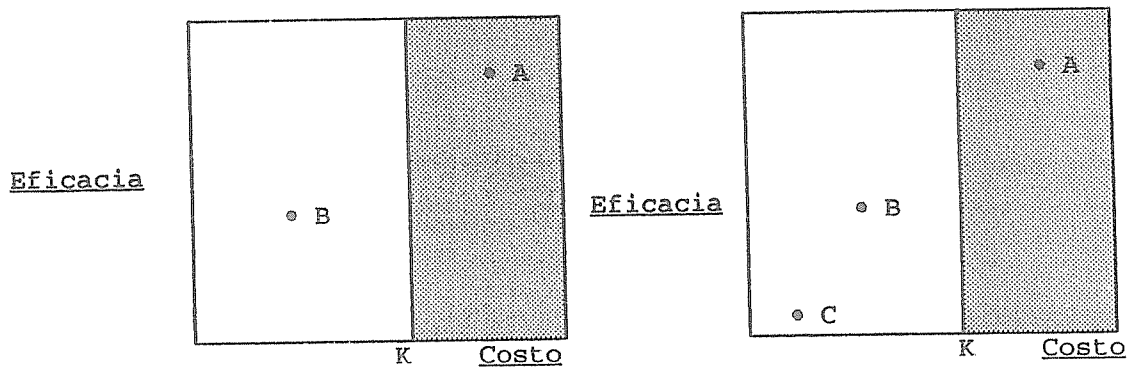
.3 Fijando umbrales para ciertos objetivos

Este método es muy común y utilizado con mucha frecuencia. En especial está bien adaptado a límites presupuestarios cuando un objetivo es "maximizar el resultado no monetario y minimizar el costo monetario": se fija un gasto máximo, se eliminan las opciones que implican gastos mayores y se elige entre las alternativas restantes. Pero si existen más de dos objetivos, es necesario fijar límites, que denominamos umbrales, para *todos los objetivos salvo uno* que pasa a ser el optimizante, con límites o no.

En realidad, este método es una variante del anterior: estamos modificando al operador E de los objetivos. Pero no siempre, los umbrales son inventados por el decididor: en muchas situaciones, restricciones de hecho o naturales las imponen.

Veamos un ejemplo. Supongamos que debemos elegir entre opciones que se refieren a dos objetivos (o atributos): costo y eficacia (términos suficientemente conocidos para un ejemplo general). Supongamos que se fije un límite superior al costo (no se

puede gastar más de K). Ese límite es fijado por el mismo decididor (no quiere gastar más de K) o por otra instancia, por ejemplo, el presupuesto de la organización.



Situación 1 Situación 2

Figura N°4

Supongamos que costo y eficacia se miden sobre las ordenadas y que las correspondientes a las alternativas A,B,C,D, implican una combinación de costo y eficacia para cada una de ellas. Por supuesto, eficacia y costo aparecen aquí como divisibles: es posible obtener distintos grados de realización de uno y otro. En ambas situaciones, el costo no puede superar el monto K, lo que elimina la alternativa A de alta eficacia pero de costo superior al permitido.

En la Situación 1, hay sólo dos alternativas; por lo tanto, B será la elegida. Pero en la Situación 2 hay tres alternativas y B y C cumplen con el requisito de costo inferior a K. ¿Cuál elegir? B ofrece una eficacia mayor pero también a un costo mayor que C. Existen dos formas de superar el conflicto: una es fijar un operador E para la eficacia que defina un umbral mínimo (Figura N°5, Situación 3). Supongamos que ese umbral se fije en L. Por lo tanto, la única opción disponible es B y es la que se elige. Pero supongamos que tenemos cuatro opciones como en la Situación 4 de la Figura N°5. El problema se mantiene entre las alternativas B y D.

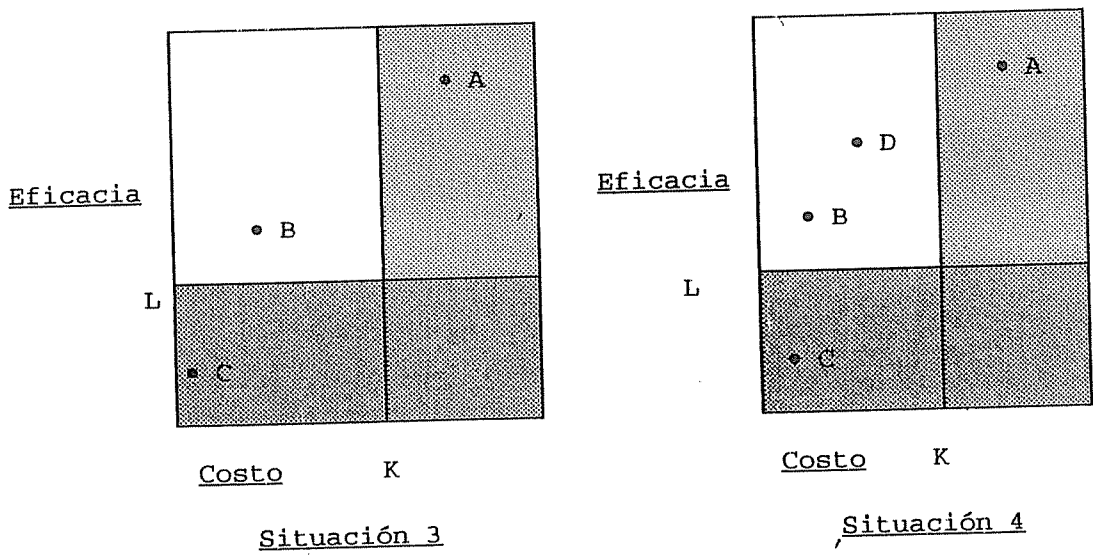
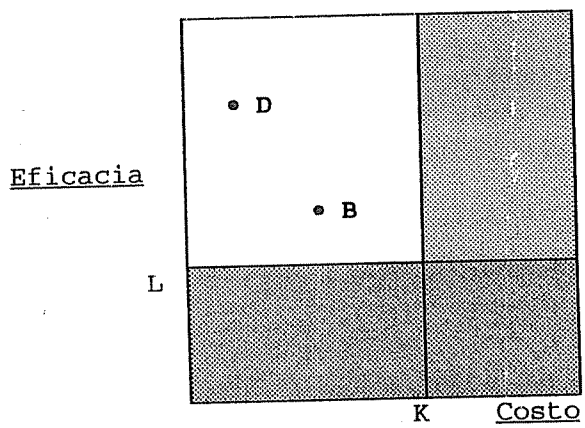


Figura N°5

La otra forma, por supuesto, es resolver el conflicto por las particulares disposiciones de B y C en la Situación 2 y de B y D en la Situación 4 con algún método específico: cuanto podemos perder en costo para ganar cierta eficacia o cuanto podemos perder en eficacia para reducir cierto costo. Esto implica evaluar la substitución de un resultado por otro, base del Método Lineal que estudiaremos más adelante.

Observe ahora la Figura N°6:



Situación 5

Figura N° 6

No hay duda que debiendo maximizar la eficacia y minimizar el costo, D será elegido. ¿Cuál es la diferencia entre la Situación 4 y la Situación 5? Trace una línea uniendo B y D en la figura que

representa ambas situaciones y observe la inclinación de la diagonal: esta inclinación indica la existencia o no de conflicto.

(De paso, en la Situación 5, hemos elegido D porque quisimos maximizar la eficacia y minimizar el costo. Pero quizás la situación sólo requería el no infringir los umbrales mínimos y máximos, de modo que la elección entre B y D puede ser regida por otros objetivos del decididor que no se representaron en las Figuras: conveniencia personal, simpatía por alguna de las alternativas, tiempo de realización, minimización del esfuerzo en elegir, confiabilidad, etc.).

.4 Introduciendo restricciones sobre todos los objetivos, salvo uno

Llevado a su extremo, el método anterior implica el siguiente criterio:

"Existiendo objetivos múltiples simultáneos, elija el más importante que admita ser optimizado (maximizado o minimizado) y transforme todos los demás en restricciones dentro de las cuales el primer objetivo deba ser optimizado".

"Transformar todos los demás en restricciones" significa fijarles valores, umbrales, (máximos, mínimos o fijos, de acuerdo el caso) a obtenerse, es decir, una vez más manipular el operador E.

Los umbrales, que son restricciones, no tienen porque ser únicos para cada objetivo, pueden ser comunes a varios objetivos y, además, puede haber varias restricciones simultáneas. (Estas restricciones pueden surgir de la situación de decisión o ser impuestas -"inventadas", "supuestas"- por el decididor).

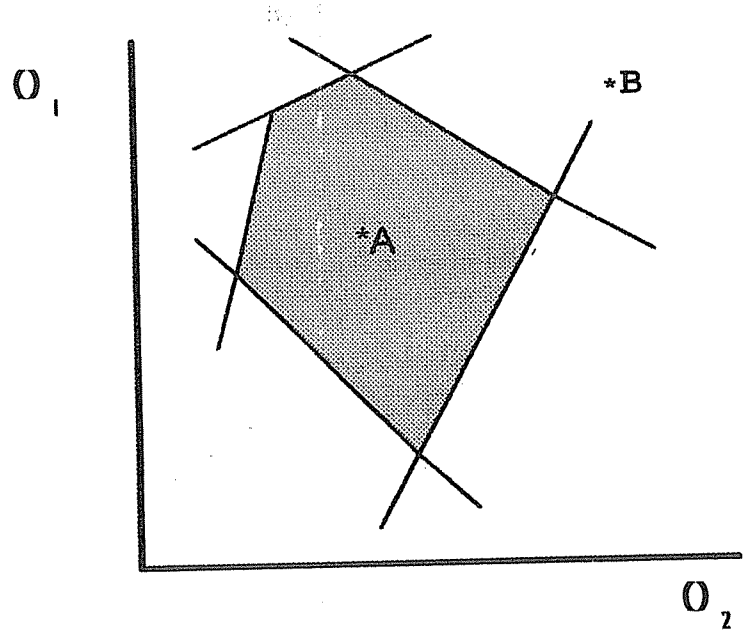


Figura N°7

Tenemos en la Figura N°7 dos objetivos O_1 y O_2 que son divisibles , es decir que pueden exhibir distintos grados o niveles de obtención, realización. Sin embargo no todas las combinaciones de resultados de O_1 y O_2 son posibles o factibles, realizables. Sólo lo son las que se encuentran dentro de la zona sombreada (técnicamente, esa zona es un polígono convexo) llamada de alternativas factibles (o de soluciones factibles, especialmente en programación matemática). Por factibles, se entiende no solamente que sean realizables pero también satisfactorias: que no lleven al desastre o a situaciones insostenibles. Si se desea maximizar la obtención de ambos objetivos, la alternativa B es mejor que la A pero no es factible, no es realizable porque viola las restricciones representadas por los límites del polígono de alternativas factibles.

Por supuesto, dentro del conjunto de alternativas factibles, pueden aparecer alternativas en conflicto. Cuanto más se reduce ese conjunto (cuanto más se achica el área sombreada) es decir cuanto más severas son las restricciones, menos serán las alternativas factibles y la elección puede ser más fácil.

Hasta podemos imaginar que las restricciones son tan fuertes, tan estrechas que el conjunto de alternativas factibles se reduce a un solo punto, es decir que solo hay una alternativa posible (o peor aún, que desaparezca toda alternativa posible).

La Programación Lineal considera el objetivo (remanente) a maximizar como una restricción más, lo que lleva, en los casos

normales, a una solución (es decir a una combinación de resultados correspondientes a los objetivos en juego) única, ubicada en algún vértice del polígono de soluciones factibles (en la arista superior derecha en el caso de la Figura N°7).

La llamada "Programación por Objetivos" *(Goal Programming)* también adopta una táctica similar maximizando un objetivo y utilizando los otros como restricciones.

No veremos estos métodos aquí. Pero la idea de tomar objetivos como restricciones a la obtención de otro objetivo más preferido o dominante es muy poderosa y ha sido fuertemente desarrollada. Debemos destacar a SIMON que ha hecho de este problema un tema importante en uno de sus trabajos. Si no se puede eliminar (reducir a un solo punto) el conjunto de soluciones factibles, no importa, dice SIMON. Lo más importante no es el criterio de optimización (el criterio para buscar la mejor alternativa dentro de las alternativas situadas en el conjunto de alternativas factibles), lo importante es definir bien las restricciones.

Lo importante es saber cuales son las alternativas factibles, no caer fuera de las restricciones, no embarcarse en alternativas irrealizables o que pueden llevar a la quiebra o la destrucción.

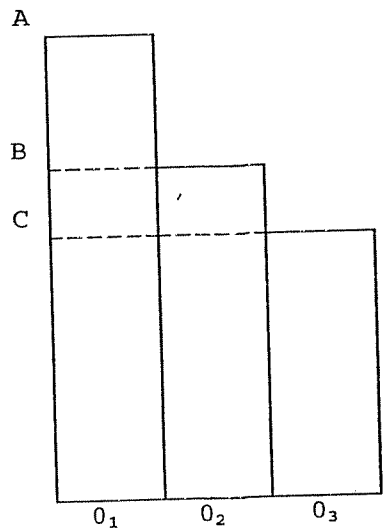
Esta tendencia a concentrar la reflexión y el análisis en el planteo de la solución más que en el criterio de selección de la mejor alternativa es de gran importancia en la vida práctica y también en el desarrollo teórico.

.5 Comenzar a satisfacer el objetivo más importante y continuar luego con los otros.

Este enfoque es una variante del enfoque expuesto en 7.1. (redefiniendo el tiempo de obtención).

En lugar de obtener el máximo resultado del objetivo más preferido y luego seguir con el que viene en segundo lugar, una vez agotado el primero, este enfoque va realizando el objetivo más importante y cuando el grado de satisfacción obtenido es equivalente al grado de satisfacción que se obtendría de los primeros resultados obtenidos del objetivo segundo en importancia, se comienza con éste y se obtienen ambos al mismo tiempo. Se sigue así con los demás.

A sólo título ilustrativo, se explica este enfoque en la Figura N°8:



Satisfacción secuencial de objetivos
Figura N°8

Se comienza realizando 0_1 a partir de A. Cuando se llega a determinado punto de realización B, se hace igualmente deseable hacer también 0_2. Cuando finalmente, se llega a C, es igualmente deseable realizar los tres objetivos (si los recursos lo permiten).

Este enfoque se realiza en la práctica en forma muy burda e intuitiva y no parece ser utilizado con frecuencia. Desde un punto de vista teórico, implica premisas (axiomas) muy exigentes: utilidad marginal decreciente y continuidad de la misma, entre otros. (En efecto, el Análisis Económico nos dice que se irán agregando objetivos cuando se llega a la igualdad de las utilidades marginales originadas por la realización de los objetivos).

.6 Concentración en el objetivo principal y transacción entre los distintos objetivos.

En la vida real, las decisiones no sistematizadas y no enfocadas con métodos fundados y coherentes, no son muy consistentes pero son muy frecuentes.

Es común que la decisión se tome teniendo en cuenta un solo objetivo, el más importante, echándole un vistazo a los otros. (En algunos casos, se aproxima un orden lexicográfico, tal como se lo describe en el Anexo del Capítulo de "Medición del Universo"). Si estos últimos son más o menos cumplidos en forma aceptable, se decide de esta forma. Si no se logran niveles aceptables en los principales objetivos, se acepta cierta transacción entre objetivos: se está dispuesto a realizar un poco menos alguno de

ellos (o a sacrificar algo) con tal de aumentar un poco otro. Por supuesto, esto se lleva a cabo en forma intuitiva y aproximada. Lo veremos desarrollado formalmente más adelante.

En resumen

La metodología no tecnificada utilizada en la vida real se basa en algunos elementos, comunes a la mayor parte de los enfoques descriptos anteriormente (punto 7.1 a 7.6):

* ordenamiento de los objetivos por importancia o, por lo menos, identificación del primero o de unos pocos primeros en el orden de importancia;

* existencia de umbrales, de límites por debajo (o por encima) de los cuales no se quiere pasar, no importando mucho la selección una vez que esos umbrales han sido respetados;

* posibilidad de cierta transacción entre objetivos (o atributos), sacrificando algo de uno para obtener algo más de otro, basada sobre un análisis intuitivo de la situación.

En base a estos tres elementos, lo más habitual es la postergación del conflicto (punto 7.1), la redefinición de los objetivos (punto 7.2), la satisfacción de umbrales (punto 7.3), la concentración en el objetivo principal y transacción entre distintos objetivos cuando aquél no es suficientemente fuerte como para aproximar un orden lexicográfico (punto 7.6).

III. LOS PROBLEMAS BÁSICOS DE OBJETIVOS SIMULTÁNEOS Y DIVISIBLES

8. SIMULTANEIDAD, COMPATIBILIDAD, DIVISIBILIDAD

Dos objetivos son simultáneos si su período de obtención es el mismo. (Definición 5). Son compatibles si pueden ser obtenidos total o parcialmente en conjunto en el mismo período. Son incompatibles si la obtención de uno implica obligatoriamente la imposibilidad de la obtención del otro.

Definición 7: COMPATIBILIDAD

Dos objetivos son compatibles si:

(1) Son simultáneos

(2) Si pueden ser realizados conjuntamente, en forma parcial o total.

Dos objetivos son incompatibles cuando no se cumple la segunda condición: la realización, total o parcial, de uno de ellos implica la eliminación del otro por absoluta imposibilidad de realización.

También pueden considerarse compatibles objetivos no simultáneos, pero no consideraremos esta posibilidad aquí por abrir un análisis ajeno a este texto.

La incompatibilidad es un caso extremo de conflicto: dos fuerzas enemigas no pueden ocupar simultáneamente el mismo espacio. Dos empresas competitivas son compatibles pero están en conflicto: pueden convivir en conflicto, es una situación de compatibilidad parcial.

Dos objetivos en conflicto deben ser simultáneos, es decir debe pretenderse realizarlos en el mismo tiempo pero dos objetivos simultáneos no están obligatoriamente en conflicto. Los objetivos incompatibles están, por definición, en conflicto. Los objetivos compatibles pueden estar o no en conflicto: pueden realizarse ambos totalmente o no y pueden o no influir sobre el otro.

Dos objetivos simultáneos no tienen porqué estar en conflicto y pueden ser compatibles o no.

Debe quedar entonces claro que, dados dos objetivos:

- La simultaneidad se refiere al período de tiempo concebido al definir el objetivo.

- La compatibilidad se refiere a su realización en conjunto.

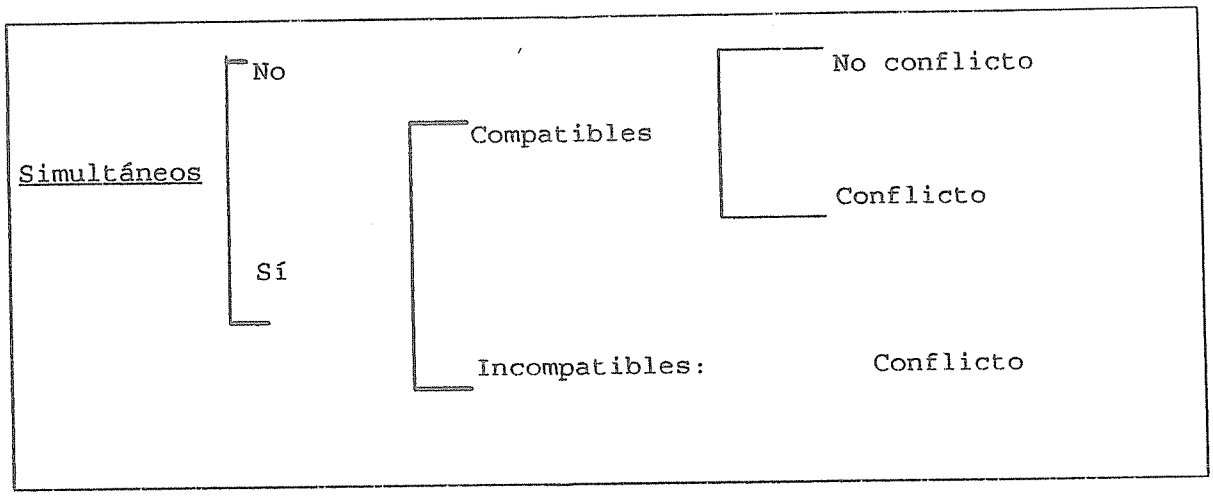
- El conflicto se refiere a la influencia negativa que la realización de uno ejerce sobre el otro.

En resumen, de acuerdo a este texto, los objetivos NO simultáneos NO pueden estar en conflicto (real, efectivo, pudiendo serlo conceptualmente). En cuanto a los simultáneos:

Si son INCOMPATIBLES, están obligatoriamente en conflicto.

Si son COMPATIBLES, pueden estar en conflicto o no.

Lo dicho se resume en la Figura N°9:



Objetivos Múltiples
Figura N° 9

Una clasificación importante es la divisibilidad de un objetivo.

Definición 8: DIVISIBILIDAD

Un objetivo es divisible cuando pueden existir distintos grados de obtención del mismo. Es indivisible si se obtiene totalmente o no se obtiene nada.

La divisibilidad surge de la definición conceptual del objetivo. Los operadores de maximización y de rango implican siempre que el objetivo es divisible. El operador de punto puede referirse indistintamente a objetivos divisibles o indivisibles.

Ejemplo 13. Objetivos indivisibles

- Casarme con María (Mario)
- Instalar la fábrica en la localidad de Villa María
- Echar al Gerente
- Inutilizar el radar enemigo
- Vivir en una casa
- Presentarse a la licitación
- Lanzar el nuevo producto en Diciembre

Los objetivos indivisibles no son los más frecuentes en nuestro ambiente, en el cual prevalecen los objetivos divisibles. Los objetivos indivisibles se obtienen o no: no se puede echar al gerente a medias ni casarse un poco con María (Mario) ni instalar una parte de la fábrica en Villa María.

Ejemplo 14. Objetivos Divisibles

- Maximizar la ganancia
- Incrementar la participación de mercado
- Lanzar el nuevo producto antes de Diciembre.
- Tener alguna relación con María
- Vivir en un barrio elegante
- Instalar hasta 100 sucursales para fin de año.
- Ser feliz

Obsérvese que la divisibilidad, si bien en muchos casos depende de la naturaleza de la variable en cuestión, depende en la mayor parte de los casos de su definición, de la voluntad del decididor. Los objetivos indivisibles no son fáciles, son riesgosos y en el campo económico se trata de evitarlos. La mejor forma es redefinir el objetivo, generalmente pasando a un objetivo más general. "Casarme con María" puede ser reemplazado por "Tener alguna relación con María"; "Echar al Gerente" puede ser reemplazado por "Reestructurar el alto nivel gerencial". Por supuesto, esto implica cambiar el objetivo.

"Lanzar el producto antes de Diciembre" implica un operador de rango y es divisible sobre el tiempo T: Puede lanzarse en Noviembre. Pero ese objetivo puede hacerse indivisible si se diera el caso que si el producto no se lanza en Diciembre, (en lugar de "antes de Diciembre"), ya no podría lanzarse.

De todos modos, admitamos que existen objetivos divisibles y objetivos indivisibles, sin entrar en mayores detalles ya que esta división será utilizada solamente para construir un marco teórico de referencia.

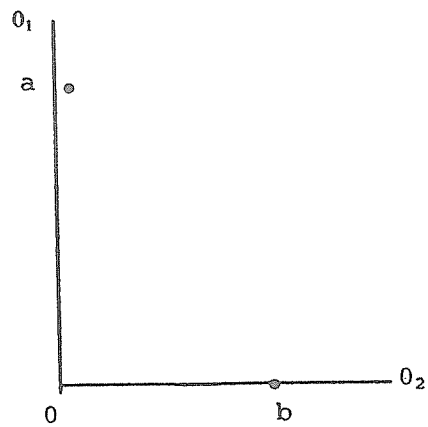
9. ANÁLISIS DE LA COMPATIBILIDAD Y DE LA DIVISIBILIDAD DE OBJETIVOS

Analizaremos el caso de dos objetivos simultáneos 0_1 y 0_2 en los cuatro casos posibles de compatibilidad y divisibilidad.

Caso	Compatibilidad	Divisibilidad
9.1	no	no
9.2	sí	no
9.3	no	sí
9.4	sí	sí

9.1. Objetivos no compatibles y no divisibles

Los objetivos 0_1 y 0_2 son simultáneos pero no pueden convivir juntos: o se realiza uno o se realiza el otro, pero no ambos. Además no son divisibles: se realiza uno totalmente o nada.



Objetivos no compatibles y no divisibles
Figura N° 10

La Figura N°10 y las siguientes son simplemente ilustrativas. 0_1 y 0_2 se realizan en *a* o en *b* (resultados) respectivamente (pero no conjuntamente, ya que son incompatibles) o no se realizan ninguno de los dos(Origen cero).

Si debemos elegir cual de los dos objetivos simultáneos realizar, la Teoría de la Decisión nos indica el siguiente criterio: "Elija el más importante" o, para ser más consistente con la Teoría, "Elija el que más prefiere".

Recordemos el Principio Fundamental de la Teoría de la Decisión (que enseñamos aquí). (Este Principio es, técnicamente, un Axioma).

PRINCIPIO FUNDAMENTAL DE LA DECISIÓN

Elija la alternativa (la opción, el curso de acción) que -de acuerdo a su evaluación- lo conducirá hacia el conjunto de resultados que Ud. más prefiere.

Esto obliga a definir un orden de preferencia (importancia) tal que el criterio mencionado se simboliza:

$$O_1 \rangle O_2 \rightarrow E\ (O_1)$$

donde, como de costumbre, el símbolo $\rangle$ se lee "es preferido a" (o "es más importante que") y el símbolo E (O_1) se lee: "Elija O_1". Con este orden de preferencia, el resultado *a* es preferido a *b* y se elige.

En cuanto a resultados, ese orden nos indica:

$$a \rangle b \rangle 0$$

Por lo tanto, en este caso elemental, resulta obligatorio definir un orden de preferencia (importancia, prioridad, *ranking*, o como se quiera llamarlo), por lo menos para la Teoría del Decidir que enseñamos en este texto (podría haber otros criterios como, por ejemplo: "Tire una moneda y decídalo al azar" pero el Principio Fundamental, llamado por muchos "Principio de Racionalidad" manda que debe elegirse lo que más se prefiere).

El orden definido por esa preferencia puede ser cualquiera de los detallados en la Figura N°4 del Capítulo "La Medición del Universo". En general, en este texto, utilizaremos el orden estricto completo (irreflexivo, asimétrico, transitivo, conexo) si bien un orden débil completo es suficiente.

Por lo tanto, en este caso elemental, nos resulta indispensable un orden de preferencia entre los objetivos. Veremos que no puede optimizarse la obtención de objetivos múltiples simultáneos sin, por lo menos, un orden de preferencia sobre los mismos. Esto puede dar lugar a un axioma que aquí puede enunciarse como:

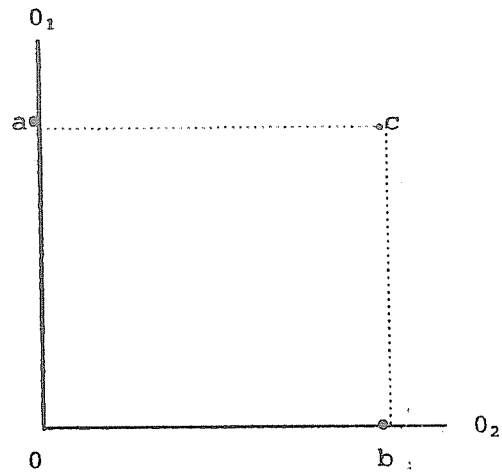
AXIOMA DE ORDEN DE LOS OBJETIVOS SIMULTÁNEOS

Todos los objetivos simultáneos en una situación de decisión determinada pueden ordenarse, por lo menos, de acuerdo a un orden débil completo.

Por lo tanto, en el caso de la Figura N°10, se elegirá realizar 0_1.

9.2. Objetivos compatibles y no divisibles

Supongamos que 0_1 y 0_2 siguen siendo no divisibles pero que son, esta vez, compatibles, es decir que pueden realizarse conjuntamente. La Figura N°11 representa esa situación.



Objetivos compatibles y no divisibles
Figura N°11

En el caso anterior, sólo podríamos obtener a o b o nada pero ahora podemos obtener también c es decir ambos objetivos totalmente, por no ser divisibles al mismo tiempo.

¿Qué se supone que deberíamos elegir? La respuesta generalizada es "obtengamos c". Ello supone que nuestro orden de preferencia es el siguiente, manteniéndonos dentro del ejemplo iniciado en el caso anterior:

$$0_1 \cup 0_2 \} 0_1 \} 0_2 \longrightarrow E\ (0_1 \cup 0_2)$$

(donde recordaremos que $\cup$ simboliza la conjunción, la agregación).

Si este es el orden de preferencia, por supuesto el resultado c es el preferido de modo que

$$c \succ a \succ b \succ 0$$

Pero ese orden no es obligatorio: nada nos garantiza a priori que la conjunción de 0_1 y 0_2 sea preferida a cualquiera de los otros resultados.

"Me gusta más salir con Juan que con Mario pero ello no quiere decir que obligatoriamente me guste más salir con los dos que con Juan solo o aún con Mario solo".

"Prefiero la Langosta a la Thermidor a los Langostinos al Ajillo pero ello no quiere decir que los dos en conjunto me gusten más que uno cualquiera de ellos".

"Preferimos radicarnos en Brasil que en Argentina pero ello no implica que radicarnos en ambos países sea preferido a radicarnos en uno cualquiera de ellos".

Para inferir, a priori, que la realización de los dos objetivos es preferido a la realización de uno de ellos, es necesario establecer un Axioma de Aditividad, que resulta mucho más exigente que lo que normalmente se cree.

AXIOMA DE ADITIVIDAD

Dados dos resultados a y b, donde a es preferido a b, la obtención simultánea de a y b en conjunto es preferida a a y este sigue siendo preferido a b.

Simbólicamente, dados los resultados a, b, c y cero donde c es la agregación de a y b y siendo $a \succ b$, entonces:

$$a \cup b \succ a \succ b \succ 0$$

Si se dan valores numéricos u a los resultados para representar su valor (utilidad) para el decididor, tendríamos, en términos de objetivos no divisibles:

$$u\ (0_1 \cup\ 0_2) = u\ (0_1) + u\ (0_2)$$
$$u\ (0_1) + u\ (0_2) > u(0_1) > u\ (0_2)$$

En la vida económica, la obtención conjunta de dos objetivos (especialmente los medibles en términos monetarios) suele ser preferida a la obtención de uno solo de ellos y, por supuesto, de ninguno de ellos. Ello es tan generalmente aceptado que parece una

perogrullada establecer un axioma específico para ello y no se percibe la necesidad de establecer explícitamente esa inferencia de preferencia sobre $(0_1 \cup 0_2)$. Sin embargo, no es así. Tácito o explícito, el Axioma de Aditividad es de gran importancia en la Teoría de la Decisión y especialmente en el ámbito de las decisiones económicas.

"Podemos instalar una refinería en el Mercosur o podemos comprar una compañía que esté haciendo exploraciones en Malasia. Preferimos lo primero a lo segundo". ¿Puede inferirse que, aún contando con los recursos necesarios, la empresa que se plantea este problema preferirá hacer las dos operaciones al mismo tiempo?.

Por supuesto, establecido un orden de preferencia sobre las cuatro alternativas expuestas en la Figura N°11, el Axioma de Aditividad no es necesario, no existiendo ninguna garantía, a priori y desde el punto de vista del observador, que dicho Axioma no sea violado. Por ejemplo, el siguiente orden de preferencias puede ser absolutamente legítimo:

$$a > b > a \cup b > 0$$

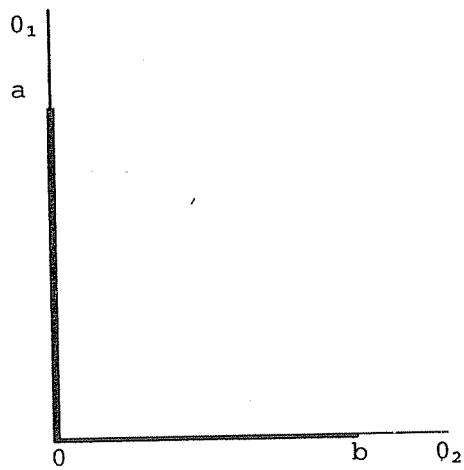
Por lo tanto, queda claro que el Axioma de Aditividad es conveniente -pero no OBLIGATORIO- (como todo axioma de preferencia) cuando se tiene un orden de preferencia sobre algunos objetivos y se lo quiere extrapolar al conjunto de esos objetivos. (Esto da lugar a discusiones sobre el alcance de la racionalidad).

El Axioma de Aditividad -como todos los axiomas referidos a las preferencias- sirve cuando el decididor no tiene un orden de preferencia precisamente definido.

Por supuesto, el problema se complica cuando hay más de dos objetivos y puede hacerse irresoluble (ver Ejercicio N°11).

9.3. Objetivos no compatibles y divisibles

Volvamos a la situación 9.1: 0_1 y 0_2 no son compatibles pero ahora sí son divisibles, es decir que es concebible que se pueda alcanzar cualquier grado de los mismos. Para facilitar la exposición (y nada más que por eso) supondremos que 0_1 y 0_2 tienen un máximo *a* y *b*, respectivamente pero, repetimos, los resultados correspondientes pueden ubicarse en cualquier nivel entre cero y *a* y *b*. La Figura N°12 representa esa situación:



Objetivos no compatibles y divisibles

Figura N° 12

Hemos indicado la divisibilidad por un trazo grueso sobre las coordenadas. Para facilitar la exposición, supondremos que pueden alcanzarse porcentajes de cada objetivo, siendo (a) y (b) el 100% de cada uno.

Si se puede alcanzar *a* y *b*, estamos entonces en la situación descripta en 9.1. Pero supongamos que podemos (o que pronosticamos) obtener α de 0_1 y β de 0_2, donde :

$$0 < \alpha, \beta < 1$$

En otras palabras, podemos alcanzar como resultado cierta proporción del máximo posible.

Supongamos también que, lo mismo que en los ejemplos anteriores, 0_1 } 0_2 y que queremos maximizar los resultados. ¿Qué pasa si una alternativa nos promete 0,8 de 0_1 y otra alternativa nos promete 0,6 del mismo 0_1? Dado que queremos obtener lo máximo de nuestros objetivos, elegiremos la primera.

Supongamos que, en otra situación, una alternativa nos ofrece una expectativa de realización del 80% de 0_1 y otra alternativa, de 60% de 0_2. Siendo 0_1 preferido a 0_2, elegiremos la primera alternativa que nos promete más de lo que más preferimos.

Hasta ahora, con nuestro Principio Fundamental de la Decisión y con nuestro Axioma de Orden, nos hemos arreglado perfectamente para saber que actitud tomar.

Pero supongamos que tenemos dos alternativas S_1 y S_2 que nos conducen a los siguientes resultados:

$$S_1 \rightarrow 0,60\ O_1$$
$$S_2 \rightarrow 0,80\ O_2$$

Preferimos O_1 a O_2 pero aquí obtenemos más O_2 que O_1. Ese mayor logro de O_2 ¿no será suficientemente fuerte como para hacernos elegir S_2 ?

Ejemplo 15. Departamento o casa

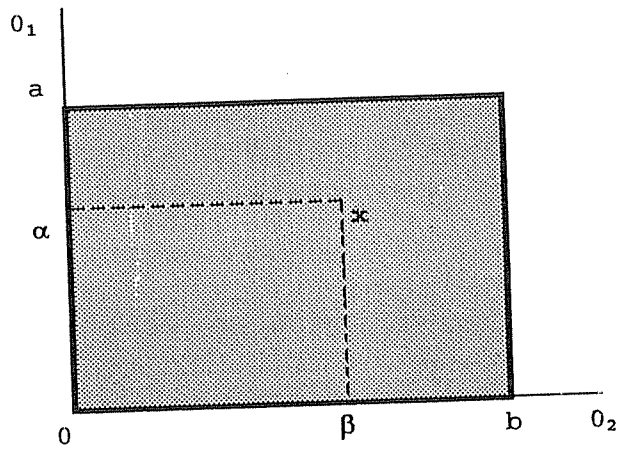
Queremos comprarnos un departamento o una casa pero preferimos un departamento. Nuestros padres ofrecen regalarnos un departamento que satisface sólo el 60% de nuestras aspiraciones o una casa que satisface el 80% de nuestras aspiraciones. Estamos dispuestos a elegir la casa, menos preferida, pero más satisfactoria o la fuerza de nuestra preferencia por vivir en un departamento es tan grande que estamos dispuestos a elegir la primera oferta, no obstante tener menos atractivos que la segunda ?

Aquí se nos presentan los temas principales que trataremos en el resto de este Capítulo: ¿Hasta que punto estamos dispuestos a sacrificar la obtención de un objetivo a cambio de incrementar la obtención de otro? Este problema sólo puede suceder cuando tenemos objetivos en conflicto y divisibles, por lo cual, pasaremos de inmediato a la situación siguiente que constituye la generalización de este problema.

El lector ya se habrá dado cuenta que la información (o las restricciones) ofrecidas por el Principio Fundamental y por el Axioma de Orden no son suficientes para resolver el problema: necesitamos información sobre cuanto estamos dispuestos a perder por un lado para ganar por otro. Esa información se corporiza en la Tasa de Substitución (TS) o, en casos más complejos, en la Tasa Marginal de Substitución (TMS), conceptos bien conocidos en Teoría Económica al tratar curvas de indiferencia. Entraremos de lleno en su tratamiento al analizar la última situación, la más común y realista.

9.4. Objetivos compatibles y divisibles

Además de ser divisibles, como en la situación anterior, los objetivos 0_1 y 0_2 son ahora compatibles. Por lo tanto, puede darse cualquier combinación de ambos objetivos de la forma $[\alpha, 0_1; \beta, 0_2]$ donde $0 < \alpha, \beta < 1$ (continuamos, al solo efecto de facilitar la exposición, definiendo los resultados como porcentajes de los objetivos que tienen un techo máximo de alcance *a* y *b* respectivamente). $[\alpha, 0_1; \beta, 0_2]$ significa que obtendremos α de 0_1 y β de 0_2. La Figura N°13 representa esa situación:



Objetivos compatibles y divisibles

Figura N°13

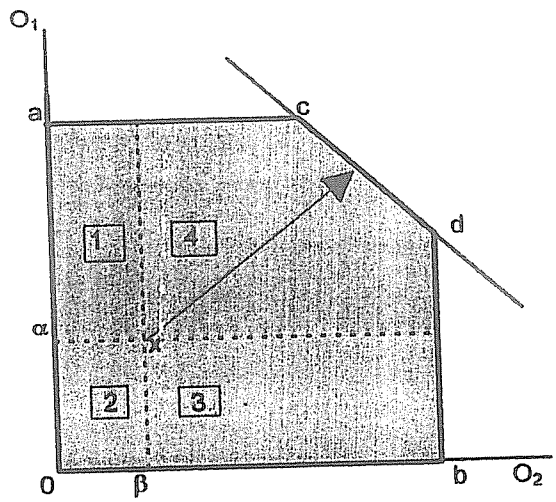
Cualquier punto del área sombreada representa una combinación de los objetivos 0_1 y 0_2, con coordenadas $[\alpha, \beta,]$. Es una área de resultados posibles; técnicamente, un polígono de soluciones factibles.

Manteniendo nuestro Principio Fundamental y nuestros Axiomas de Orden y de Aditividad, el problema se plantea en caso de conflicto entre 0_1 y 0_2. Supongamos que dos alternativas S_1 y S_2 nos ofrecen los siguientes resultados, continuando con el supuesto que $0_1 \nmid 0_2$:

$$S_1 \rightarrow [0,7\ 0_1;\ \ 0,5\ 0_2,\ ]$$
$$S_2 \rightarrow [0,6\ 0_1;\ \ 0,8\ 0_2,\ ]$$

La diferencia entre S_1 y S_2 consiste en que al pasar de S_1 a S_2, aumentamos O_2 pero perdemos en O_1. Este incremento de O_2 ¿vale más para nosotros que la pérdida de O_1?. Como en el caso anterior, no tenemos suficiente información. Necesitaremos conocer la Tasa de Substitución entre O_1 y O_2 (en estos presentes niveles de O_1 y O_2). Si 10% de O_1 vale más que 30% de O_2 entonces S_1 es mejor que S_2. Si no fuese así, entonces S_2 es mejor que S_1.

Antes de continuar, exploremos un poco más esta situación a través de la Figura N°14:



Optimos paretianos

Figura N° 14

Supongamos que el *statu quo* (situación actual del decididor) se encuentra en x y que se mantienen nuestro Principio Fundamental y nuestros Axiomas de Orden y Aditividad, siendo $O_1 \nmid O_2$ y siendo el operador de ambos de rango hasta *a* y *b*.

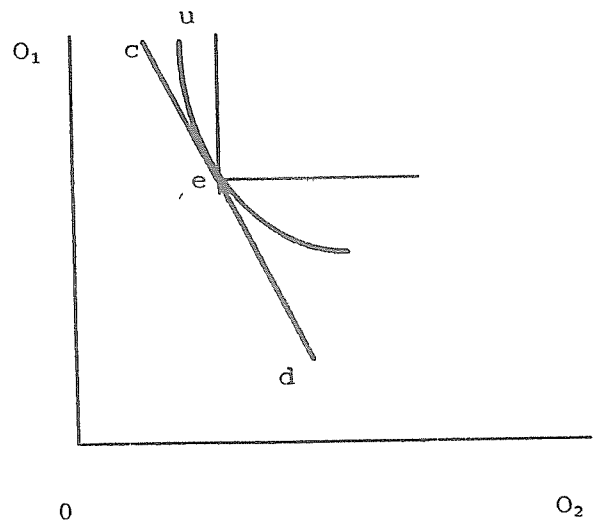
Se deduce de ello que al decididor D le conviene correrse hacia el sector 4, es decir que la realización de O_1 y O_2 debería encontrarse en algún punto del sector 4. Si lo hace por los ejes α-x ó β-x, aumentará el logro de un objetivo dejando fijo el logro del otro. Ello sucederá toda vez que su trayectoria sea paralela a alguna de las coordenadas.

Parece evidente que no le conviene a D correrse hacia el sector 2 ya que reduce la realización de ambos objetivos.

¿Pero le conviene obtener algún resultado en los sectores 1 y 3?. Allí gana en un objetivo pero pierde en otro, lo que constituye una situación de conflicto, de acuerdo a nuestra definición. No podemos resolver la conveniencia si no conocemos la Tasa de Substitución de O_1 por O_2.

La situación se presenta claramente en la recta c-d. Supongamos que el ámbito de las combinaciones posibles de resultados de O_1 y O_2 (el polígono de soluciones factibles) sea limitado por una restricción representada por la recta c-d. Al encontrarse con esta recta diagonal (de tangente negativa), el decididor le conviene correrse hasta (c) o hasta (d) pero no podemos saber cual de los dos puntos (combinación de ciertos resultados conjuntos de O_1 y O_2) es el mejor para él. También cabe preguntarse si algún punto intermedio es mejor.

Mientras se encuentre en algún punto del sector 4, cualquier puntó situado más a la derecha y/o más arriba es siempre mejor, de acuerdo a nuestros axiomas. Pero llegados a la recta c-d, ya no podemos afirmar cual punto, entre c y d, incluyendo ambos, es el mejor. Allí los objetivos están en conflicto: el aumentar uno implica obligatoriamente disminuir el otro. El decididor no puede traspasar los límites del área sombreada. Llegado a *(c)* o a *(d)* debe quedarse en ellos o en algún punto de la recta c-d. Esa recta es definida como un conjunto de óptimos paretianos (de Pareto). No se trata de óptimos definidos en un solo punto, en una única medida sino de un conjunto de óptimos donde el incrementar uno de los elementos (en este caso, el logro de un objetivo) implica obligatoriamente disminuir el otro (o algún otro, si son más de dos). La línea de los óptimos paretianos c-d, en nuestra Figura N°14 es la línea de conflicto o la línea de negociación (si en lugar de conflicto intra-personal tenemos un conflicto inter-personal). Dicho conjunto paretiano es representado en la Figura N°15:



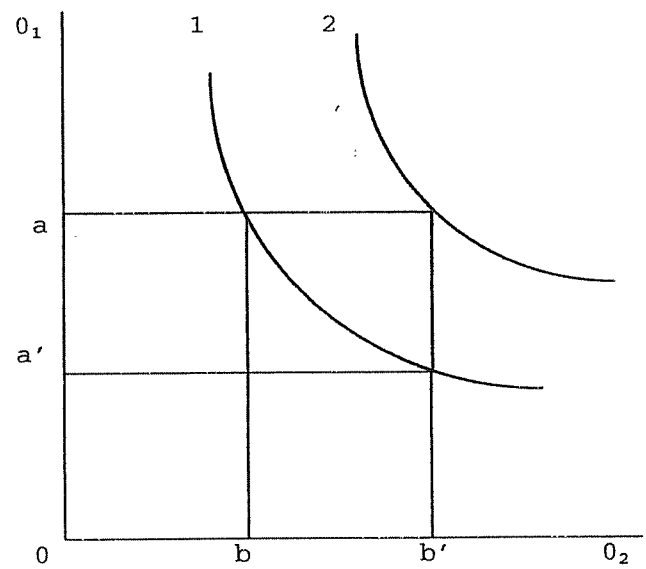
Línea de conflicto (conjunto paretiano)

Figura N° 15

Si conviene bajar de *c* hacia *d* o subir de *d* hacia *c* depende de la Tasa de Substitución de 0_1 por 0_2 (o de 0_2 por 0_1). Esa Tasa de Substitución está dada por la tangente (primer derivada) de las curvas de indiferencia entre 0_1 y 0_2 . En este caso, estando situados sobre la recta c-d (conjuntos de óptimos paretianos), la Tasa de Substitución está dada por la tangente de la curva de indiferencia u en el punto e en el cual toca la recta c-d. (En una curva de indiferencia dada, las combinaciones de resultados 0_1 - 0_2 son indiferentes entre sí: ninguna es preferida a la otra).

Este análisis es sumamente simple y es suficientemente conocido, de modo que no insistiremos en él. El Análisis Económico demuestra que el punto óptimo de resultados en la recta c-d está dado en el punto *e* en que una curva de indiferencia toca dicha recta; más técnicamente, en el punto en que la tangente de la línea de conflicto es igual a la tangente de una curva de indiferencia (Figura N°15). Este es un tema elemental de Teoría Económica que implica ciertas condiciones de las curvas de indiferencia que garanticen que el punto óptimo, dentro de los óptimos paretianos, sea único.

La Figura N°16 representa dos curvas de indiferencia entre 0_1 y 0_2.



Curvas de Indiferencia

Figura N°16

Una curva de indiferencia es una clase de indiferencia: todos los puntos de una misma curva de indiferencia son indiferentes entre sí para un decididor determinado. En la búsqueda de la realización de dos objetivos 0_1 y 0_2, el decididor es indiferente ($\approx$) entre los siguientes conjuntos de resultados, situados sobre la curva de indiferencia 1:

$$[\ a,b\ ] \approx [\ a',b'\ ]$$

Por supuesto, la curva de indiferencia 2, a la derecha, es mejor (le depara mayor obtención de los objetivos o, si se quiere, utilidad) que la 1 de la izquierda. Está claro que de acuerdo a nuestros axiomas:

$$[\ a,b'\ ] \succ [\ a,b\ ] \approx [\ a',b'\ ]$$

La Tasa de Substitución (TS) de la curva de indiferencia 1 está dada por la relación de cuanto se pierde de 0_1, con cuanto se gana de 0_2 al pasar de [a, b] a [a', b'], que son indiferentes para el sujeto

Simbólicamente,

$$TS = \frac{a - a'}{b - b'}$$

La Tasa de Substitución es aquí la tangente de la curva de indiferencia en un intervalo determinado (y no en un punto).

Supongamos que la Figura N°16 representa el ejemplo dado anteriormente de modo que:

$$S_1 \rightarrow [\ a,b\ ] = [\ 0,7\ O_1;\ 0,5\ O_2\ ]$$
$$S_2 \rightarrow [\ a',b'\ ] = [\ 0,6\ O_1;\ 0,8\ O_2\ ]$$

Ambas alternativas son indiferentes ya que se encuentran en la misma curva de indiferencia.

Por lo tanto, perder un 10% de O_1 equivale a ganar un 30% de O_2. Por consiguiente, en ese intervalo, la Tasa de Substitución es:

$$TS = \frac{10}{30} = \frac{1}{3}$$

En otras palabras, en ese intervalo, una unidad de O_1 equivale a tres unidades de O_2 (confirmando nuestra hipótesis que $O_1 \} O_2$).

Para que el ejemplo sea menos abstracto, supongamos que O_1 sean manzanas y O_2 sean peras. Tendríamos, por caso:

$$S_1 \rightarrow [7 \text{ manzanas, } 5 \text{ peras }]$$
$$S_2 \rightarrow [6 \text{ manzanas, } 8 \text{ peras }]$$

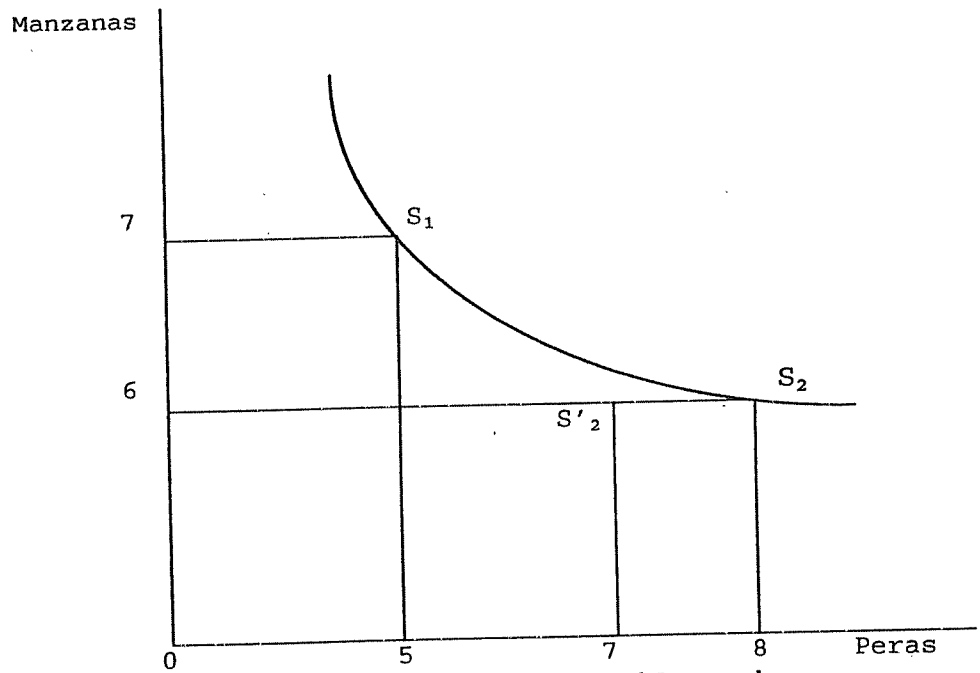
Nuestro decididor es indiferente entre ambos resultados de modo que le es indiferente perder 1 manzana si se la ha reemplazado por 3 peras. Pero téngase en cuenta que ello es válido con ese total de peras y manzanas. En otras cantidades, subiendo o bajando por la curva de indiferencia, la Tasa de Substitución cambia justamente porque la curva de indiferencia es *curva* (cóncava al origen). Si fuese recta, la Tasa de Substitución sería constante en cualquier nivel de realización de los dos objetivos. La curva de indiferencia es curva porque indica que a medida que se va quedando con menos manzanas, estas adquieren mayor valor para D. Con 7 manzanas está dispuesto a ceder una a cambio de 3 peras pero si le quedaran 2, (y su curva de indiferencia es cóncava hacia el origen), exigirá mayor cantidad de peras para compensar la pérdida de una manzana adicional.

Este análisis (extremadamente simple) se efectúa sobre intervalos discretos. Si se hallara la Tasa de Substitución en un punto dado de la curva de indiferencia, se convertiría en la Tasa Marginal de Substitución (TMS) y estaría dada por la primer derivada de la curva de indiferencia en un punto (combinación de peras y manzanas o de 0_1 - 0_2) determinado.

La Tasa de Substitución (o la Tasa Marginal de Substitución) es el elemento que necesitamos para saber si nos conviene o no sacrificar la obtención de algún objetivo para incrementar la obtención de algún otro. Si en el ejemplo que estuvimos utilizando tuviéramos:

$S_1 \rightarrow$ [7 manzanas, 5 peras]
$S'_2 \rightarrow$ [6 manzanas, 7 peras]

(es decir que pasar de S_1 a S'_2 perdemos una manzana pero ganamos sólo 2 peras en lugar de 3). En este caso, el resultado de S_2 se encuentra sobre una curva de indiferencia inferior, no representada, en la Figura N°17.



Curvas de Indiferencia
Figura N°17

Todo lo anterior es magnífico en nuestros gráficos. Pero en la vida real se nos presentan problemas imposibles de resolver:

- No conocemos las curvas de indiferencia de cada individuo en cada situación. Pueden ser infinitas, relacionando no dos objetivos como en nuestros ejemplos sino varios, quizás muchos (ya serían planos o hiperplanos).

- No todas las curvas de indiferencia tienen la misma pendiente (no son obligatoriamente paralelas).

- No son obligatoriamente continuas.

- Sería imposible calcular las Tasas de Substitución y aplicarlas a la elección de las distintas alternativas.

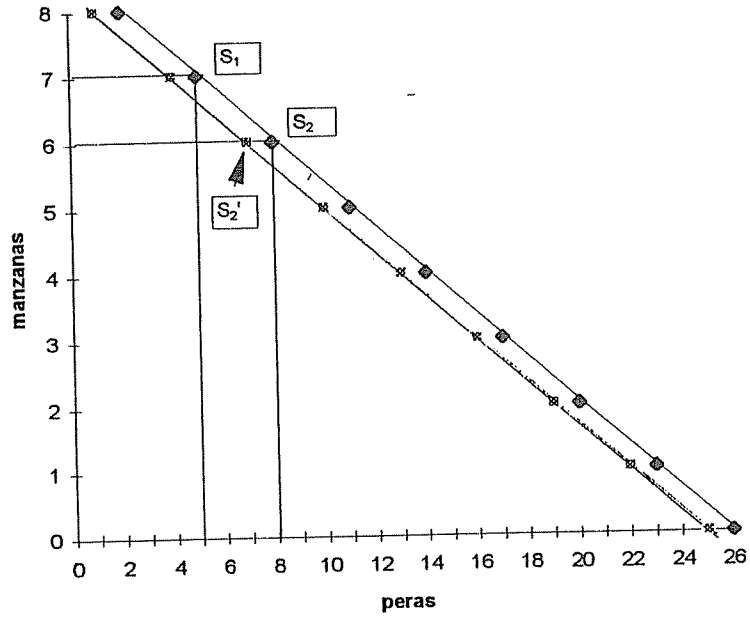
La Teoría Económica elabora axiomas, que son restricciones, por los cuales "obliga" a las curvas de indiferencia a exhibir las condiciones que el cálculo necesita. Nosotros haremos lo mismo pero en forma más modesta:

Se introducen entonces suposiciones simplificadoras. Estas son, en estos casos, las dos siguientes:

SUPUESTO SIMPLIFICADOR N°1
Todas las curvas de indiferencia son paralelas.

SUPUESTO SIMPLIFICADOR N°2
Todas las curvas de indiferencias son lineales.

En este texto adoptaremos los dos Supuestos en el Método Lineal que explicaremos más adelante. El primero implica que, para determinada combinación de objetivos, la Tasa de Substitución es igual para cualquier curva de indiferencia. El segundo implica que la Tasa de Substitución es constante, fija, para cualquier resultado de todos los objetivos. En este caso, la TS y la TMS son iguales y las curvas de indiferencia son rectas en un gráfico de dos objetivos (o planos o hiperplanos si se trata de más de dos objetivos). La consecuencia es que la Tasa de Substitución es constante en todo el campo de las alternativas factibles. Esto facilita enormemente los cálculos. En la Figura N°18 representamos nuestro ejemplo de manzanas y peras con una Tasa de Substitución constante de 1 manzana por 3 peras.



Curvas de indiferencia rectas
Figura N°18

Las curvas de indiferencia son rectas. La Tasa de Substitución y la Tasa Marginal de Substitución son iguales y constantes: 1 manzana por 3 peras o 1/3 de manzana por una pera. S'_2 se encuentra en una curva de indiferencia inferior a la correspondiente a S_1 y a S_2 y por consiguiente estas alternativas son mejores, siendo ambas indiferentes entre sí.

El hecho que las dos curvas de indiferencia toquen las coordenadas será discutido más adelante. Se considera que la constancia de la Tasa de Substitución no acarrea mayores distorsiones.

EN RESUMEN:

Este último análisis parte de principios bien conocidos de la Teoría Microeconómica. El criterio fundamental adoptado es que existe la posibilidad de substitución entre objetivos, que la reducción de los resultados correspondientes a un objetivo (atributo) determinado puede ser compensado por el aumento de los resultados correspondientes a otros objetivos (atributos).

La Tasa (Marginal) de Substitución por una unidad perdida en un atributo es el precio que pagan los demás atributos para compensar esa pérdida. Esa posibilidad de transacción (*trade off*) entre resultados es la que permite encontrar una solución al conflicto. (Esto se repite en el caso de conflicto interpersonal, de negociación).

Si sabemos cuanto tenemos que ceder de un objetivo para obtener más de otro, de manera que ambas situaciones nos son indiferentes, entonces si obtenemos más, nos conviene pasarnos a la nueva situación (alternativa) ya que se encuentra en una curva de indiferencia superior.

Esa posibilidad de transacción puede darse plenamente o darse en forma restringida o no darse del todo: es una cuestión de hecho. En caso de imposibilidad de transacción, podemos encontrar un orden lexicográfico, tratado en el Apéndice al Capítulo "La Medición del Universo". Trataremos estos problemas a continuación, partiendo de la metodología más utilizada que supone Tasa de Substitución constante (y curvas de indiferencia lineales). Por supuesto, esa metodología implica no sólo estas drásticas simplificaciones pero también otras. Sin embargo, se sostiene que las mismas no distorsionan las preferencias en forma relevante.

FIN DE LA PRIMERA PARTE

PEDRO F.J.PAVESI
Abril 1997

EJERCICIOS

1. Cuáles son, a su entender, los objetivos de una gran empresa multinacional, de una pequeña empresa familiar, de una asociación empresarial, de un sindicato de trabajadores, de una asociación para la lucha contra el SIDÁ, de las Madres de Plaza de Mayo, de un ministro del Poder Ejecutivo Nacional (elija el Ministerio que más le plazca), de la Universidad de Buenos Aires.

En lo posible, individualice las organizaciones o las personas mencionadas y que no hayan sido identificadas por el texto del ejercicio. Trate de fijar jerarquías de objetivos en un esquema de medios-fines.

2. Cuáles son sus objetivos hoy en cuanto a su carrera universitaria, a su trabajo actual (si trabaja), a su profesión futura, a su familia y a sus amores. Para cada caso, ensaye una cadena medio-fines.

3. Cuáles son los atributos que Ud. asigna a:

- Un candidato a Intendente (aclare de qué ciudad)
- Un candidato a Presidente de la República
- Un candidato a Senador
- Un candidato a Diputado
- Un profesor de su carrera universitaria
- La asignatura "Teoría de la Decisión"
- La carrera que Ud. cursa
- El lugar de sus próximas vacaciones
- El servicio de la empresa telefónica que Ud. utiliza
- Una PC para sus actividades personales o profesionales
- Sistema de computación para una empresa mediana
- El automóvil para su familia
- Su futuro domicilio
- Una empresa mediana para otorgarle un préstamo bancario

Considere esos atributos como objetivos y defina solamente la variable.

4. Establezca la escala de medición y la unidad de medida para los atributos que Ud. definió en el ejercicio anterior.

5. Establezca el orden de importancia para los atributos que Ud. definió para cada uno de los casos expuestos en el ejercicio 3.

6. Establezca la escala de medición y la unidad de medida para los atributos de la situación del Ejemplo 6. del texto.

7. Establezca la escala de medición y la unidad de medida para los atributos del Ejemplo 11 (Evaluación de un profesor). Establezca las ponderaciones que Ud. considere apropiadas.

8. Vuelva a leer el Preámbulo de la Constitución Nacional, en el cual se fijan objetivos para la Nación Argentina. Observe si existen casos de falta de homogeneidad de niveles. Si existen, ¿cuáles pueden ser las razones?

9. ¿Cree Ud. que los objetivos del Preámbulo pueden llegar a ser conflictivos en su realización? Si fuese así, ¿cómo se pusieron de acuerdo los constituyentes para incluirlos en la Constitución Nacional y mantenerlos a través de la modificación de la misma?

10. Identifique los objetivos en conflicto de los casos del Ejemplo 11(2) (Objetivos en Conflicto). Idem para Ejemplo 13 (Objetivos indivisibles).

11. Analice los objetivos de los Planes Quinquenales elaborados por el Consejo Nacional Económico (CONADE) y el Plan Trienal (Argentina Potencia) elaborado en 1973 y opine. (Puede consultarlos en las bibliotecas de la Facultad, del Banco Central, del Congreso Nacional, etc.).

12. Un decididor tiene tres objetivos 0_1, 0_2, 0_3, compatibles pero indivisibles, con resultados a, b y c deseables respectivamente. Ha establecido el siguiente orden de preferencia:

$$a > b > c$$

1) Siendo los objetivos compatibles, ¿cuáles son los resultados posibles que puede obtener? (No considere el resultado cero).

2) Establezca un orden completo de preferencia sobre todos esos resultados. Modifique el Axioma de Aditividad o invente nuevos axiomas si es necesario, para establecer este orden.

13. ¿Qué implica la utilización de un orden débil en lugar de un orden estricto en el Axioma de Orden?

14. ¿Por qué no utilizar una escala de intervalo para medir las ponderaciones?

TEORÍA DE LA DECISIÓN

OBJETIVOS MÚLTIPLES Y EN CONFLICTO

SEGUNDA PARTE

PEDRO F.J. PAVESI
Doctor de la Universidad
de Buenos Aires
Profesor Emérito

Diciembre 1997

I N D I C E

OBJETIVOS MÚLTIPLES Y EN CONFLICTO

SEGUNDA PARTE

Los métodos para resolver los casos de objetivos en conflicto.

IV. MÉTODO LINEAL PARA OBJETIVOS EN CONFLICTO

		Página
10.	DESARROLLO DE UN CASO SIMPLE	2
11.	LA PONDERACIÓN	6
	•1 Conceptos generales	6
	•2 La ponderación y la Tasa de Substitución	7
	•3 Cómo establecer la ponderación	13
	•4 Las dificultades para establecer las ponderaciones. Métodos alternativos.	16
	•5 La falta de ponderación	17
	•6 Rango de ponderaciones	18
	•7 La sensitividad de las ponderaciones	19
12	LA EVALUACIÓN	19
	•1 La Medición Substituta	21
	•2 Asignación de máximos y mínimos y de órdenes intermedios.	25
	•3. Uso de distintos máximos y mínimos en la escala substituta.	30
	•4. Resumen de la transformación a escala substituta	30
	•5. Valores negativos	31
	•6. Solución de nuestros dos ejemplos	33
	•7. Métodos Alternativos a la constitución de la escala substituta	34

•8. Otros ejemplos: Los misiles 35

•9. Los Umbrales 39

13. EL MÉTODO LINEAL REDUCIDO 43

14. LA UNIFICACIÓN DE ATRIBUTOS 47

15. EXISTENCIA DE RIESGO O INCERTIDUMBRE 49

16. ALGUNOS EJEMPLOS REALES 50

ANEXO

Capítulo I: El Método Simple para controlar ponderaciones 55

Capítulo II: El Método de validación de las ponderaciones de Churchman 58

Capítulo III: Métodos alternativos para establecer ponderaciones 64

1. Métodos basados sobre el orden de preferencia de los Objetivos 64

2. Métodos basados sobre la frecuencia de la importancia 66

Capítulo IV: Problemas de medición de las escalas substitutas 67

1. El problema de cambio de escala 67
2. El problema de la legitimidad de los cálculos 68

EJERCICIOS

(La numeración continúa la de la Parte I) 70

OBJETIVOS MÚLTIPLES Y EN CONFLICTO

SEGUNDA PARTE

INTRODUCCIÓN

Los métodos para resolver los casos de objetivos en conflicto.

Los métodos para resolver los casos de objetivos en conflicto son numerosos. Yoon y Hwang (1995) individualizaron 17 métodos en 1981 y los redujeron a 13 en 1995. En realidad, pueden ser más si se tienen en cuenta los diferentes métodos de fijación de las ponderaciones y de evaluación de los atributos.

Existiendo información suficiente sobre los atributos, los métodos pueden clasificarse, de acuerdo a la medición de los mismos, en cualitativos (ordinales) y en cuantitativos (cardinales, es decir proporcionales y también de intervalo). Como vemos, el conocimiento de las escalas de medición es fundamental para la comprensión y aplicación de los métodos de solución en estas situaciones.

Nosotros desarrollaremos principalmente el Método Lineal, que es cuantitativo, ya que implica ponderaciones establecidas en una escala proporcional y evaluación de atributos en una escala de intervalo por lo menos. Es un método compensatorio, es decir que permite que el incremento de obtención de un objetivo se compense con la disminución de obtención de otro, por lo menos dentro de ciertos rangos, utilizando la Tasa de Substitución con las restricciones mencionadas en el punto 9.

Este método es el más utilizado en nuestro país y en el mundo y es intuitivamente fácil. En una Tercer Parte mencionaremos también el Método Exponencial que algunos autores sostienen con entusiasmo pero que a nuestro entender tiene ciertas falencias. También mencionaremos otros métodos cuantitativos. Lo que resultará una novedad es la referencia a métodos cualitativos, por los cuales se trata de utilizar y manipular información ordinal que es la que generalmente se obtiene con más facilidad.

En los ejercicios, incluimos una carta de Benjamín Franklin del 19 de Septiembre de 1772 en la cual sugiere a un amigo un método para resolver una situación de atributos en conflicto. Como se ve, la búsqueda de soluciones a estos problemas no es nueva.

IV. MÉTODO LINEAL PARA OBJETIVOS EN CONFLICTO

10. DESARROLLO DE UN CASO SIMPLE

Comenzaremos dando un ejemplo numérico de problemas, de objetivos en conflicto. Plantearemos un caso (los autos usados) para tener una visión general de las situaciones analizadas y luego desarrollaremos un caso muy simple aplicando el Método Lineal. Luego analizaremos paso a paso la justificación de lo que hemos hecho, los problemas que se presentan, las premisas subyacentes y complicaciones adicionales.

Los autos usados

Usted quiere comprar un auto usado. Al final de una larga búsqueda, encontró dos que le gustan y no sabe cuál comprar. Entre otros atributos, toma principalmente en cuenta el costo, la antigüedad, los kilómetros recorridos, la información acerca del dueño anterior y el aspecto general del coche. Los datos recogidos se resumen en la siguiente matríz:

Auto	Precio	Kms.	Año	Dueño	Aspecto
A	$3.000	85.000	1993	1	5
B	$4.000	50.000	1990	0	3

El precio es definitivo. Los kilómetros son los del velocímetro y Ud. confía que son los reales. En cuanto al dueño, Ud. resolvió valuar con 1 el caso del dueño anterior único y con buenas referencias y con 0 el caso del dueño anterior desconocido (pueden ser uno o varios). En cuanto al aspecto, incluye todas las apariencias en las cuales se fija Ud. y lo califica en una escala de uno a cinco.

Los atributos elegidos son sus objetivos y no todos son igualmente importantes (el precio, los kilómetros recorridos le importan más que el aspecto general y éste más que la información acerca del dueño).

Usted puede encontrarse con un problema con el año del modelo y los kilómetros recorridos. Por supuesto, usted prefiere un modelo reciente y, por consiguiente el auto A es mejor que el B, en ese atributo. Pero a su vez, a Ud. no se le escapa que el auto A recorrió algo así como 18.000 Kms. por año en tanto que el B recorrió unos 6.000 Kms. por año. ¿No le convendrá considerar este último atributo (kilómetros recorridos por año) en lugar de los dos (kilómetros y año del modelo) que lo componen? (Ejercicio N° 29).

El Modelo Lineal implica que deben fijarse ponderaciones para todos los objetivos, es decir números que miden la importancia relativa (con respecto a cada uno de los demás objetivos) de cada uno de ellos. Un objetivo (atributo) con ponderación 3 es tres veces más importante que un objetivo (atributo) con ponderación 1. La escala de medición de las ponderaciones es, por lo tanto, racional (proporcional).

El modelo implica también que deben fijarse niveles, valores, grados a estos atributos -evaluarlos- con respecto a cada alternativa; en otras palabras, hay que determinar y medir los resultados, es decir, en nuestro ejemplo, los valores incluidos en la matríz. Estos valores se dividen en dos grandes categorías: los valores objetivos que llamaremos también "originales", naturales, directos (el precio, los kilómetros, el año del modelo) que surgen naturalmente de un sistema de medición socialmente aceptado y los valores subjetivos, que han sido fijados por el decididor, luego de cierta reflexión, sobre alguna escala arbitraria (el aspecto, la calificación del dueño). En general, los subjetivos se expresan verbalmente y no numéricamente: son lingüísticos.

Los valores objetivos se miden en general sobre una escala racional (precio, kilómetros) o una escala de intervalo (año del modelo). Los valores subjetivos se miden en general sobre una escala de intervalo o de orden (el aspecto: no tenemos suficiente información para saber, a esta altura del desarrollo, cual es la escala de medición utilizada) o una escala nominal (la calificación del dueño).

Desde ya adelantamos que el Método Lineal exige que la escala de medición de los atributos sea única y además sea de intervalo o proporcional. Como en la mayoría de los casos de objetivos múltiples esta condición no se presenta naturalmente, será necesario reemplazar las mediciones objetivas y subjetivas, originales o naturales diversas por una medición substituta (de intervalos o proporcional). ¿Por qué esta complicación? Porque tendremos que multiplicar y sumar el valor (resultado) de cada atributo y no podemos hacerlo con escalas para las cuales la adición o la multiplicación no tengan sentido y unidades de medición distintas. En nuestro ejemplo, no podemos sumar kilómetros con pesos y con años ni multiplicar legítimamente los valores asignados al "aspecto" por un número. Por lo tanto, la reducción a una escala única substituta (de intervalo o proporcional) es obligatoria.

Si no se tiene en cuenta los problemas mencionados (ponderación y evaluación sobre una escala única), el Método Lineal es trivial. Se trata de hallar el promedio ponderado (por la ponderación) de todos los resultados (valores) de cada alternativa y elegir la alternativa cuyo promedio sea el máximo.

Es importante reiterar que el Método Lineal parte del principio que -por lo menos dentro de ciertos intervalos de valor de los atributos en consideración- éstos pueden compensarse, es decir que la reducción en la obtención de alguno(s) de ellos puede compensarse con el aumento de alguno(s) otros. Si no hay compensación posible (caso del orden lexicográfico), el Método Lineal es inaplicable. Lo importante es que la posibilidad de compensación es el caso más general de las situaciones reales.

MÉTODO LINEAL

Simbólicamente:

(1) $V(S_i) = \sum_j V_{ij} P_j$

(2) $E\ [Max_i\ V(S_i)]$

donde:

P_j: Ponderación del objetivo (atributo) O_j ($j = 1,2.....n$)

V_{ij}: Valoración (en escala cardinal única) de cada resultado R_{ij} ($i: 1,2,....m$) (i para las alternativas y j para los objetivos)

$V(S_i)$: Valor de la alternativa S_i proporcionado por el Método Lineal.

$E(\ )$: Elegir

Max_i = máximo sobre i (máximo de las alternativas)

Como puede verse, se trata de hallar el promedio ponderado correspondiente a cada alternativa de la valoración de los atributos (resultados) medida en una escala única para todos los atributos, que puede ser diferente - y generalmente es - de la medición original. Obsérvese que la ponderación es constante para cada objetivo con independencia de la alternativa. El lector podrá preguntarse donde entra la Tasa (Marginal) de Substitución a la cual hemos dedicado tanto tiempo más arriba. Lo veremos enseguida: dicha tasa es formada por la ponderación.

Para explicar la problemática del Método Lineal y las soluciones adoptadas, abandonaremos por ahora el ejemplo del "auto usado"y utilizaremos un ejemplo más simple, -por lo cual aparecerá como bastante arbitrario- con dos atributos.

Un ejercicio: El relais electrónico

Una pieza sumamente delicada de una máquina controlada por dispositivo electrónico es identificada por dos atributos principales: vida útil promedio, (horas de trabajo efectivo) y efectividad (porcentaje de piezas que llegan al promedio de vida útil). Debe elegirse entre dos piezas A y B.

El relais electrónico

Pieza	Duración	Efectividad
A	40 horas	80%
B	30 horas	95%

Los objetivos están en conflicto en esta particular situación al no existir otra alternativa disponible. En una alternativa, la duración es alta pero la efectividad es baja. Al pasar a la otra alternativa, la efectividad aumenta pero disminuye la duración: éste es el conflicto. Ello no quiere decir que "duración" y "efectividad" sean siempre atributos en conflicto: pueden serlo o no, de acuerdo a las circunstancias de cada situación de decisión.

Imagine que exista una tercer alternativa

Pieza	Duración	Efectividad
C	40 horas	95%

No existiría aquí problema de conflicto ya que la alternativa C "domina" las otras: sus resultados son mejores o iguales que los correspondientes a las otras alternativas. Por lo tanto, debe tenerse en cuenta que el conflicto puede surgir o no de cada situación de decisión.

Obsérvese que en estos dos casos -y en los que presentaremos más adelante- los datos se presentan en una matríz de decisión bajo certeza. Los autos, las piezas constituyen las opciones alternativas y los resultados son ciertos. El tratamiento que sigue será siempre bajo certeza (gran parte de los casos reales se asimilan a la certeza ya que los atributos son características de situaciones existentes) y trataremos la incertidumbre en capítulos específicos. Recordemos, finalmente, que el Método Lineal requiere la definición de:

(1) ponderación de los atributos (P_j)
(2) valor (resultado) de cada atributo y para cada alternativa (V_{ij})

Es importante destacar que se trata de dos procesos independientes y autónomos, que no deben interferirse mutuamente.

En el segundo ejemplo, cuya solución desarrollamos, estableceremos arbitrariamente que:

a) La efectividad es más importante que la duración.
b) La efectividad es 1,5 veces más importante que la duración: esta relación surge de la ponderación.

11. LA PONDERACIÓN

•1 Conceptos generales

Definición: Ponderación.

Dados dos o más objetivos (atributos) O_j, la ponderación P_j de cada uno de ellos mide su importancia relativa para el decididor, la fuerza de la preferencia del decididor con respecto a cada atributo en relación con los demás.

La ponderación, llamada también peso relativo, se mide en una escala proporcional.

Por supuesto, si se trata de un objetivo único, la ponderación no tiene sentido ya que no hay varios objetivos para comparar su importancia.

La ponderación es así una medida del grado de importancia que el decididor asigna a cada uno de los objetivos. Esa medida debe ser asignada con independencia de los valores específicos de cada atributo y ser igual para todas las opciones disponibles. Se refiere única y exclusivamente a esos objetivos y atributos y no es afectada por sus resultados. Se insiste particularmente en ello porque, en la práctica, existe cierta tendencia a que el nivel de realización de cada atributo influya la ponderación de los mismos. (Ver Ejercicios N°3 y N°4). La ponderación es una medida sobre una escala proporcional (racional). Ello es obligatorio porque la ponderación servirá para medir la conveniencia o no de la substitución de un aumento de realización de un atributo por la disminución de realización en otro. Como veremos enseguida la relación entre las ponderaciones de dos objetivos es la Tasa de Substitución y ésta es, por definición, medida en una escala proporcional: es la tangente de una curva de indiferencia, la relación entre dos cantidades cardinales, la proporción de una en reemplazo de otra. La relación entre dos ponderaciones indica cuán más o menos importante es un objetivo (atributo) con respecto a otro. Ello implica, obligatoriamente, una escala racional.

Importante: Siempre existe ponderación. Si la ponderación no aparece expresamente definida, todos los atributos tienen la misma importancia, es decir que la ponderación es la misma para todos (1 para todos, para ser más prácticos). (Ello por razones matemáticas).

•2 La ponderación y la Tasa de Substitución

Supongamos que en nuestro segundo ejemplo (el relais) hayamos fijado las ponderaciones de la siguiente manera:

Duración 2
Efectividad 3

(No importa por ahora cómo llegamos a estas medidas: lo trataremos más adelante).

Ello significa:

(1) La efectividad es más importante que la duración

(2) La efectividad es 3/2 = 1,5 veces más importante que la duración y la importancia de la duración es 2/3 = 0,67 veces la de la efectividad.

(3) La disminución de una unidad de duración debe ser compensada por el aumento de 2/3=0,67 unidad de efectividad. Viceversa, la disminución de una unidad de efectividad debe ser compensada por el aumento de 3/2=1,5 unidad de duración. (En efecto, siendo la efectividad más importante que la duración, se necesita más duración para reemplazar una unidad de efectividad y menos efectividad para reemplazar una unidad de duración).

Por supuesto, esto es válido para este caso y para un decididor determinado que asignó las mencionadas ponderaciones a ambos atributos.

Supongamos que queremos detallar las posibles alternativas que, para el decididor, sean indiferentes a la alternativa A de nuestro segundo ejemplo (el relais). Hallaremos esas alternativas tanto modificando en una "unidad" la duración (y, por lo tanto, en 0,67 unidades la efectividad) como modificando en una "unidad" la efectividad (y, por lo tanto, en 1,5 unidades la duración). Obsérvese que en el cuadro siguiente hemos definido arbitrariamente una "unidad" de duración como 10 horas y una "unidad" de efectividad como 10%.

$$\text{Tasa de Substitución (efectividad por una "unidad" de duración)} = \frac{\Delta \text{ efectividad}}{\Delta \text{ duración}} = \frac{2}{3} = 0,67 = \frac{6,67}{10}$$

(Δ significa incremento o decremento discreto)

Cambiando **DURACIÓN** en 1 unidad			Cambiando **EFECTIVIDAD** en 1 unidad		
Alternativa	Duración	Efectividad	Alternativa	Duración	Efectividad
A3	70.-	60.-	A'2	70.-	60.-
A2	60.-	66,67			
A1	50.-	73,33	A'1	55.-	70.-
A	40.-	80.-	A	40.-	80.-
A4	30.-	86,67	A'3	25.-	90.-
A5	20.-	93,33			
A6	10.-	100.-	A'4	10.-	100.-

Opciones indiferentes a A (caso del relais)
Figura N°19

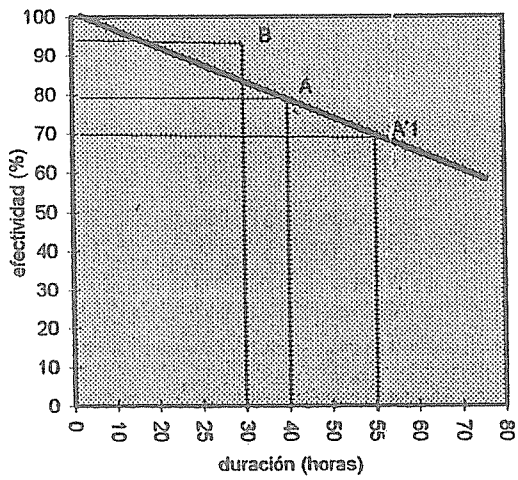
A1 a A6 y A'1 a A'4 son indiferentes entre sí y con A: están todas colocadas en la misma curva de indiferencia.

(Aquí se presenta un problema que analizaremos más adelante: ¿hasta qué límites la substitución es posible? y, si es posible, ¿hasta qué límites la ponderación se mantendrá constante?).

Está claro, en el cuadro anterior, que hemos preparado una lista de alternativas indiferentes (que tienen el mismo valor para el decididor) dadas las ponderaciones fijadas por el mismo. Y son indiferentes porque cada vez que hemos aumentado la realización de un objetivo (atributo) en una unidad, hemos disminuido la otra en 1,5 o en 0,67 unidades, de acuerdo a si hemos aumentado una u otra.

(Por supuesto, no podremos ir más allá que el 100% de eficiencia pero nos hemos detenido arbitrariamente en una duración de 70 horas).

Gráficamente, la Figura N°19 se representa así:



Curva de Indiferencia de la opción A (caso del relais)

Figura N°20

Es importante observar que no hay inconveniente en trazar curvas de indiferencias entre atributos medidos en distintas escalas o entre cosas distintas. El problema se presenta cuando debemos hacer cálculos como el promedio ponderado del Método Lineal.

En esta curva de indiferencia están las 10 alternativas que hemos inventado en la Figura 19, todas indiferentes a la alternativa A. La pendiente (tangente) de esta curva es la Tasa de Substitución (TS) de efectividad por duración. Medida entre los puntos (alternativas) A y A4, por ejemplo, tendremos la relación de cuanto aumenta la duración cuando disminuye la efectividad y viceversa.

$$\text{TS (efectividad por una unidad de duración)} = \frac{\Delta \text{ efectividad}}{\Delta \text{ duración}} = \frac{6,67}{10} = \frac{2}{3} = 0,67$$

Si la medimos al revés:

$$\text{TS (duración por una unidad de efectividad} = \frac{\Delta \text{ duración}}{\Delta \text{ efectividad}} = \frac{10}{6,67} = \frac{3}{2} = 1,5$$

La Tasa de Substitución es entonces la relación entre las dos ponderaciones:

$$TS\ (x/y) = P_y / P_x = \frac{\text{cantidad en que se modifica x}}{\text{cantidad en que se modifica y}}$$

La Tasa de Substitución de **x** por **y**, TS (x/y), es igual a la ponderación de **y** dividida por la ponderación de **x**. Para ser más precisos, la cantidad en la cual debe aumentarse (disminuirse) **x** para compensar la disminución (aumento) de una unidad de **y** -para que la nueva alternativa sea indiferente a la primera- es dada por la relación P_y/P_x. La cantidad en la cual debe aumentarse (disminuirse) la efectividad para compensar la disminución (aumento) de una unidad de duración para hallar una nueva combinación indiferente a la primera es la relación entre la ponderación de la duración y la ponderación de la efectividad.

Téngase mucho cuidado en el manejo de esta fórmula de la Tasa de Substitución. La ponderación de la duración es 2 y la de la efectividad es 3 de modo que para compensar 1 unidad de duración se necesita:

$$TS\ (\text{efectividad por duración}) = \frac{\text{ponderación de duración}}{\text{ponderación de efectividad}} = \frac{2}{3} = 0,67$$

En la fórmula de la TS, el numerador está dado por la ponderación del atributo que reemplaza una unidad del atributo cuya ponderación es el denominador. Es falso decir que siendo la ponderación de la efectividad 3 y la de la duración 2 se necesitan 3 unidades de efectividad para substituir 2 unidades de duración. La TS se define al revés: 2 unidades de efectividad (cuya ponderación es 3) por 3 unidades de duración (cuya ponderación es 2).

Por otra parte, como siempre la TS representa la substitución de un aumento (positivo) por una disminución (negativa), la división entre ambos será negativa. En efecto, la TS es la tangente de una curva de indiferencia y ésta desciende de izquierda a derecha siendo por lo tanto negativa. Nos hemos ahorrado el signo en toda esta exposición, simplemente por ser más práctico.

Por lo tanto, ya hemos hallado la forma de establecer la Tasa (Marginal) de Substitución que tanto nos preocupaba en el punto 1. Pero no olvidemos que en lo anterior hemos introducido las dos simplificaciones que ya expresamos como:

Supuesto Simplificador N°1

Todas las curvas de indiferencia son paralelas

Supuesto Simplificador N°2

Todas las curvas de indiferencia son lineales.

Ello implica que la Tasa Marginal de Substitución es igual a la Tasa de Substitución y que ésta es constante e independiente de los niveles alcanzados por los atributos.

Otra consecuencia importante (y evidente) es que lo que importa en nuestro análisis es la relación entre ponderaciones más que los números que asignamos a dichas ponderaciones. En nuestro ejemplo, la tasa de substitución de duración por efectividad es 1,5 obtenida relacionando las ponderaciones 3/2. Pero si las ponderaciones fuesen 0,30 y 0,20 o 9 y 6 o 45 y 30 o cualquier par de números cuya relación es 1,5 (o su recíproca 0,67), el resultado del análisis sería absolutamente el mismo. Se hallan las ponderaciones como un paso para definir la Tasa de Substitución. Una vez obtenida ésta, basta mantenerla constante, cualesquiera sean sus numerador y denominador. Por ello, se acostumbra en la práctica, una vez determinadas las ponderaciones, transformarlas para que sumen la unidad (o la decena o el centenar) sin modificar sus relaciones, operación que se denomina "normalización".

En nuestro caso, por ejemplo, con ponderaciones 2 y 3, éstas se transforman en 0,40 y 0,60 que suman 1. El método es sencillo: se suman las ponderaciones, se halla el número por el cual hay que multiplicar esa suma para transformarla en 1, 10 o 100. Luego se multiplica cada ponderación por ese número. La reducción a 100 es muy común porque se asimilan las ponderaciones a porcentajes, lo que ayuda a su manipuleo.

Ejemplo:

Ponderación		Original		Normalizada
P_1	=	17	=	41
P_2	=	13	=	32
P_3	=	8	=	19
P_4	=	3	=	8
		41		100

(P_2 normalizada, por ejemplo, se obtiene así: (13/41) x 100 = 32

La Figura N°20 representa la curva de indiferencia correspondiente a la opción A de nuestro ejemplo del relais, es decir todas las configuraciones de mezcla de duración y

efectividad que para la específica ponderación fijada por el decididor le son indiferentes (igualmente deseables) a la opción A.

Pero hemos representado en dicha Figura N°20 la opción B que se sitúa a la derecha de la curva de indiferencia de A. Por lo tanto, B se encuentra en una curva de indiferencia superior, que ofrece mayor utilidad que la curva de indiferencia de A. En efecto:

$$A \sim A_4 \prec B$$

Es entonces evidente que B es preferible a A, ya que A_4 que es indiferente (igual) a A ofrece la misma duración que B (30 horas), pero B ofrece una efectividad mayor que la ofrecida por A(95% en lugar de 86,7%).

Para finalizar, (*admitiendo por ahora que se puedan sumar horas con porcentajes*), obsérvese que si aplicamos la fórmula del Método Lineal a la Figura N°19, obtendremos un número igual para todas esas opciones indiferentes. Este número, por supuesto, no significa nada, no tiene correlato físico. Lo utilizamos aquí a sólo efecto didáctico: utilizar este método con unidades y escalas de medición distintas puede -pero no obligatoriamente debe- llevar a resultados totalmente erróneos. Recordemos la fórmula:

$$V\ (S_i) = \sum_i V_{ij}\ P_j$$

En el caso de A tendremos:

$$V\ (A) = 40x2 + 80x3 = 320$$

y para las alternativas de la Figura N° 19, ubicadas en la misma curva de indiferencia:

Alternativa	Duración (V)	Ponderación (P)	Efectividad (V)	Ponderación (P)	V (S_i)
A	40	2	80.-	3	320
A5	20	2	93,33	3	320
A'3	25	2	90.-	3	320

etc.

El Método Lineal da un valor (arbitrario en este caso) a la curva de indiferencia, valor representado por V (S_i) en la última columna.

La alternativa B dará, de la misma forma un valor arbitrario: 30x2 + 95x3= 345, el que es superior a 320, lo que hace que deba **elegirse** (en este caso ficticio por utilizar escalas de medición inválidas para estos cálculos). En síntesis, el Método Lineal consiste en elegir la alternativa ubicada en la más alta de las curvas de indiferencia: más precisamente, en la curva de indiferencia de mayor utilidad.

•3 Cómo establecer la ponderación

La ponderación de los objetivos es otro de los elementos absolutamente subjetivo de la decisión. No existen ponderaciones objetivas. Pretende medir la importancia que los objetivos (atributos) tienen para el decididor y, nada menos, medir la fuerza de esa importancia lo que implica, obligatoriamente, una escala proporcional. Ello es inevitable ya que las ponderaciones son los elementos necesarios (numerador y denominador) para formar la Tasa de Substitución de un objetivo por otro y la división implicada en esa relación sólo tiene sentido en una escala proporcional (racional, cardinal). El elemento relevante en el Método Lineal es la relación entre las ponderaciones y ello obliga a una escala proporcional.

La fijación de las ponderaciones debe ser muy cuidadosa ya que un error, una distorsión, un sesgo, un descuido en las ponderaciones puede llevar a decisiones distintas. El proceso esencialmente subjetivo para definir las ponderaciones desalienta a quienes no entienden que la decisión es esencialmente subjetiva, una expresión de los deseos y creencias del decididor.

Es necesario tomar las máximas precauciones para fijar las ponderaciones y hacerlas confiables. En experimentos realizados entre grupos de personas entrenadas en decisiones y con alto conocimiento de los distintos aspectos de una misma situación planteada a cada uno de los grupos, se obtienen en general ponderaciones diferentes que en algunos casos ostentan una variación muy alta. Si se cumplen los procedimientos para asegurar la suficiente dosis de reflexión y análisis, estas diferencias deben admitirse como naturales: se decide para sí mismo (o para el grupo) y todos los decididores tienen visiones distintas del mundo y de sus propios intereses. Ello es así y debe convivirse con esa diversidad (que, para muchos, es molesta y hasta inadmisible).

Que la fijación de la ponderación es un fenómeno subjetivo, dependiente de uno o varios actores, es difícil de aceptar y veremos en el Anexo varios métodos supuestamente objetivos brindados por la literatura. Como un ejemplo autóctono, la Disposición N°119/97 de la Administración Federal de Ingresos Públicos (AFIP), que dispone el otorgamiento a profesionales privados de cierta cobranza de deuda impositiva, establece en su punto 3.3.: "... recurrir a mecanismos de selección (de los profesionales) basados en el establecimiento de *ponderaciones diferenciales objetivas...*"

No sólo cabe preguntarse que son ponderaciones "diferenciales", sino que se entiende por "objetivas". Lo interesante es que la mencionada norma agrega: "En el supuesto que se presenten dificultades para la aludida ponderación, podrá

reunirse *-total o parcialmente-* a la selección por sorteo (*sic*)...". No obstante creer que existen ponderaciones "objetivas" se está dispuesto a recurrir al sorteo *parcial o totalmente* (?). (Piénsese que la AFIP es uno de los organismos más técnicos de la Administración Pública Central). (Por otra parte, lo de "ponderaciones objetivas" surge de una norma del Ministerio de Economía).

La metodología aconsejada para establecer con el máximo de seguridad las ponderaciones de los atributos es la siguiente:

(1) Listar los atributos que se quieren alcanzar con independencia del nivel deseado. Debe tratarse que no sean excesivos por la dificultad de manipuleo y la confusión originada por la definición verbal de un número alto de atributos. Hasta 5 atributos, la situación es manejable. Puede llegarse a 7/10 pero luego la complicación crece y no es fácil demostrar que el agregar más atributos influya en la decisión final.

De todos modos, es aconsejable dejar para la próxima etapa (de ordenamiento) la eliminación de atributos que se consideren de poca utilidad.

Es necesario tener gran cuidado si se quiere utilizar atributos compuestos (derivados) como pasajeros/kilómetros, costo por tiro efectivo, costo de mantenimiento por hora de uso, etc. Si los elementos de esos atributos compuestos constituyen a su vez objetivos o atributos, deben tomarse éstos y no su relación ya que el transformar dos atributos relevantes en uno solo puede distorsionar gravemente el análisis.

Debe observarse que frente a una misma situación, expertos reconocidos en la misma pueden requerir atributos distintos. Es necesario, en ciertas circunstancias, tratar de eliminar diferencias provenientes de una mala definición de la situación, de problemas de lenguaje, de episodios circunstanciales, de intereses particulares ajenos al problema, etc. Ello se logra a través de trabajo en grupo, a veces interdisciplinario y finalmente se resuelve con la decisión del último responsable.

Se aplica aquí todo lo dicho con respecto a la definición de las variables a utilizarse en las decisiones: deben ser independientes en su definición, es decir que la definición de una no debe contener en todo o parte la definición de otra. Por supuesto, no son independientes funcionalmente porque si lo fueran no existiría conflicto y por lo tanto no habría problema que resolver.

No se pretende que siempre puedan definirse los atributos antes de conocer algunas de las opciones entre los cuales debe elegirse. Salvo que quien tenga la lista de los atributos sea un experto (o un grupo de expertos) puede ser conveniente analizar algunas opciones para que las mismas revelen al decididor que es lo que realmente desea: no siempre se tienen las ideas claras

sobre lo que se pretende de una alternativa dada. Por otra parte, en decisiones de gran trascendencia (la ubicación de un aeropuerto, de un embalse, etc.), la definición de los atributos implica en general consultas, encuestas, etc, es decir un trabajo muy cuidadoso. Indudablemente, en situaciones de cierta complejidad, hay que dedicar una gran dosis de reflexión a definir atributos independientes.

(2) Ordenar los atributos por orden de importancia. Llegó el momento de considerar si los de menor importancia necesitan ser incluidos. Debe tenerse cuidado ya que la eliminación de muchos atributos de menor importancia individual puede tener mucha importancia agregada. De todos modos, siempre hay tiempo para modificar el análisis.

El orden no necesita ser estricto ("preferido a"): puede ser débil ("preferido o indiferente a") pero en todos los casos debe ser completamente conexo.

(3) Fijar tentativamente la ponderación

Para ello, es conveniente tomar el último atributo, el menos importante, y darle ponderación 1. Luego se toma el que le sigue en importancia creciente y preguntarse cuan más importante es éste que el anterior y fijar un número que indique esa relación. Se sigue con el tercer atributo más importante y se repite la pregunta con referencia al primer atributo y con referencia al segundo. Se continúa hasta agotar los atributos.

Ejemplo: dada una situación con cinco atributos ordenados de esta forma:

$$O_1 \succ O_2 \succ O_3 \succ O_4 \succ O_5$$

. Se le da a O_5 la ponderación $P_5 = 1$

. Se establece cuan más importante es O_4 que O_5. Supongamos que se resuelve que es 50% más importante. Por lo tanto $P_4 = 1.5$

. Se establece cuan más importante es O_3 que O_5. Supongamos que se resuelve que es tres veces más importante. Por lo tanto $P_3 = 3$.

Pero hay que comparar también O_3 con O_4 para testear si las ponderaciones han sido bien definidas. Si se estima que O_3 es dos veces más importante que O_4 entonces las ponderaciones están bien establecidas ya que $P_3 = 2P_4$. Pero si pensamos que O_3 es dos veces más importante que O_5, y también dos veces más importante que O_4 entonces nos hemos equivocado en algún lado y debemos volver a redefinir P_3 y P_4 hasta llegar a valores de ponderación coherentes.

Este trabajo puede ser tedioso si hay muchos atributos. En este ejemplo, debe compararse 0_1 con cada uno de los otros cuatro atributos y cada uno entre sí y lograr que las ponderaciones sean coherentes. (Ver Ejercicio N°16).

En el Anexo, Capítulo I, hemos desarrollado este método con un diagrama con el título de Método Simple.

(4) Verificación adicional de las ponderaciones.

El método anterior puede no ser suficiente ya que compara los atributos individualmente para verificar la coherencia de la ponderación (en casos que no sean extraordinarios, generalmente basta) pero no compara las distintas combinaciones de objetivos.

En el Anexo, Capítulo II, a este trabajo se explica el Método de Churchman para definir ponderaciones que es una extensión del método mencionado en (3) el que cuenta con una falla de cierta importancia. La literatura es abundante en cuanto a distintos métodos y a su comparación pero no los trataremos en este trabajo.

(5) Normalización de las ponderaciones

Como ya se ha dicho, siempre es conveniente normalizar las ponderaciones a 1, a 10 o a 100.

•4 Las dificultades para establecer las ponderaciones. Métodos alternativos.

No es fácil establecer ponderaciones, especialmente teniendo en cuenta que se fijan sobre una escala proporcional, que determinan proporciones que constituyen la Tasa de Substitución, de intercambio de un objetivo por otro. Estas mediciones deben basarse sobre apreciaciones, evaluaciones subjetivas lo que se concilia laboriosamente con las exigencias de una escala proporcional.

De todos modos, hay que hacerlo y puede hacerse siguiendo el método descripto anteriormente. Las ponderaciones revelan las importancias relativas de los objetivos para el último decididor y, todas las veces que se pueda, es conveniente que surjan de un proceso de discusión grupal.

(En la práctica, en muchos casos, se da una enorme importancia a un atributo en comparación con los otros, perdiendo éstos significado. Se trata de un orden lexicográfico que muchos utilizan en forma más o menos aproximada, sin darse realmente cuenta).

Para evitar las mencionadas dificultades, han aparecido una variedad de métodos alternativos. La mayor parte de ellos (quizás todos) se reducen a utilizar el orden de los objetivos. En efecto, establecer una escala ordinal es mucho más fácil que establecer una proporcional. Por lo tanto, estos métodos se basan, generalmente, sobre el orden de importancia que el decididor fija a sus objetivos.

Pero el problema -ya tratado al hablar de medición- aparece de inmediato. Estos métodos implican operaciones aritméticas con números ordinales lo que viola la naturaleza de estos números. Reiteramos que este abuso de los números ordinales no obligatoriamente lleva a resultados distintos a los que se obtendría sin esas violaciones. Pero estos métodos son propensos a introducir fuertes distorsiones y, repetimos una vez más, no son legítimos.

En una de las publicaciones más prestigiosas del mundo ha aparecido últimamente un trabajo que analiza tres métodos sostenidos por la literatura (Barron y Barrett, "*Decision Quality Using Ranked Attributes Weights*", Management Science, 42, 11, Nov.1996). (Estos métodos también se encuentran en libros de texto, por ejemplo, Yoon y Hwang, 1995). Estos métodos y su crítica se exponen en el Capítulo III del Anexo.

•5 La falta de ponderación

Repetimos que la falta de ponderación implica ponderación igual para todos los atributos u objetivos, lo piense así o no el decididor. Todos los objetivos fijados en todos los planes económicos de la Argentina desde el I° Plan Quinquenal de 1946 ostentan la misma característica.

Un caso actual y llamativo es el de la calificación de los empleados públicos de alto nivel (SINAPA) incluído en el Ejemplo N° 16.

Ejemplo N°16. Evaluación de desempeño Nivel Gerencial (SINAPA)

Todos los atributos siguientes utilizados para evaluar empleados públicos de alto nivel no tienen ponderación especifica: 1. Creatividad; 2. Adaptabilidad; 3. Anticipación: 3.1. Interpretación y predicción del contexto, 3.2. Detectar y maximizar oportunidades; 4. Identificación con la organización; 5. Iniciativa; 6. Autonomía; 7. Conducción: 7.1. Liderazgo, 7.2. Modificación de la conducta de los Subordinados; 8. Organización: 8.1. Organizar el trabajo, 8.2. Resolver problemas; 9. Negociación: 9.1. Asumir la representación interna y externa, 9.2. Cerrar transacciones; 10. Planificación: 10.1. Fijar objetivos y definir planes, 10.2. Cumplir planes y programas, 10.3. Medir y controlar resultados.
(Esta lista con 16 atributos supera ampliamente el número óptimo o aconsejable de objetivos pero la falta de ponderación ayuda a la evaluación. Todos los atributos son definidos pero la dificultad reside en lograr una mínima uniformidad para permitir la comparación de las calificaciones entre personas y dependencias y a través del tiempo. También se fija máximo de personal en cada calificación final). Ver Ejercicio N°19.

•6 Rango de ponderaciones

No es muy común pero ciertos enfoques y criterios pueden dar rangos de ponderaciones, dejando que el decididor resuelva cual será la ponderación que en definitiva fijará en ese rango como en el Ejemplo N° 17.

Ejemplo N° 17. Concurso de compañías de seguro

La Superintendencia de Administraciones de Fondos de Jubilaciones y Pensiones (AFJP) da a las empresas normas para llamar a concurso a Compañías de Seguros para cubrir el riesgo de invalidez y fallecimiento de sus afiliados. Les fija los siguientes atributos y ponderaciones (Boletín Oficial 18/4/94):

Atributo	Ponderación
1. Costo del seguro	32 a 50
2. Participación en las utilidades	5 a 10
3. Pólizas emitidas por el concursante para la cobertura de los mismos riesgos	1 a 24.
4. Situación económico financiera. Cumplimiento de relaciones técnicas de la Superintendencia de Seguros	10 a 20
5. Constitución e inversión de las reservas	6 a 15
6. Antecedentes en coberturas y negocios similares	5 a 10
7. Recursos humanos e infraestructura técnica	5 a 10
8. Plan Estratégico a Largo Plazo para el cumplimiento de las obligaciones asumidas	5 a 10

9. Tipo y condiciones de reaseguro	5 a 10
En todos los casos, la suma de las ponderaciones que se fijen debe ser igual a 100. Ver Ejercicio N° 20.	

La fijación de ponderaciones por la autoridad de control estatal asegura la confiabilidad del sistema. En este caso se deja a las empresas cierto margen de libertad para ejercer su elección (además, lo tienen para la valoración de cada atributo para cada concursante). En el Ejercicio N°20, se desarrolla más en detalle este caso.

De paso, obsérvese el contraste entre las normas de los Ejemplos 16 y 21 y la falta absoluta de fijación de orden de atributos, criterios precisos de valuación, fijación de ponderaciones en los concursos de profesores en la mayor parte (¿todas?) las Universidades.

•7 La sensitividad de las ponderaciones

El Análisis de Sensitividad será estudiado al tratar las decisiones bajo riesgo, incertidumbre y ambigüedad. Sólo adelantaremos aquí, sucintamente, su aplicación a la determinación de las ponderaciones.

No es fácil establecer ponderaciones: existe siempre cierto grado de incertidumbre sobre los números a los cuales hemos llegado luego del análisis anterior. La pregunta que se nos plantea es: "¿En cuánto podemos equivocarnos al fijar las ponderaciones sin que ello afecte nuestro resultado? En cuanto puede variar nuestra evaluación de las ponderaciones sin que ello afecte nuestra decisión?"

Este recurso es utilizado permanentemente en nuestra vida diaria. Salimos vestidos en forma ligera porque hace calor y pensamos que la temperatura se mantendrá. ¿En cuánto debería bajar la temperatura para que debamos llevarnos algún abrigo? Supongamos que la respuesta es 10 grados. Si consideramos que una baja tal de temperatura es imposible o improbable (por el boletín meteorológico o por cualquier otra razón), nuestro problema ha terminado. Mientras la temperatura se mantenga dentro de -10°, nuestra decisión es invariante.

Esta forma de pensar da lugar al análisis de sensitividad. Si pensamos que pudimos equivocarnos en más o menos 50% en las ponderaciones pero si hallamos que tal variación no afecta nuestra decisión, no es necesario afinar más la evaluación de las ponderaciones. Al contrario si hallamos que una variación del 5% en más o en menos de nuestras ponderaciones puede hacer variar nuestra decisión, entonces deberemos dedicar más tiempo investigando para definir mejor las ponderaciones, ya que la

situación de decisión encarada es sumamente sensible (haga el paralelo con la elasticidad de ciertas variables en Análisis Económico).

12. LA EVALUACIÓN

Definida la ponderación, es necesario evaluar el logro de cada atributo (objetivo) para cada una de las alternativas estudiadas. Se aplica aquí todo lo que hemos dicho en otra parte sobre resultados pero la multiplicidad de objetivos (y por lo tanto de resultados) para considerar al mismo tiempo acarrea, en general, problemas que no son fáciles de resolver. Aquí, lo mismo que en caso de riesgo e incertidumbre, debemos agregar varios resultados, condensarlos en uno solo para cada alternativa y utilizarlos para poder comparar alternativas, lo que consiste finalmente en evaluar las curvas de indiferencia de cada alternativa y elegir la de mayor utilidad. En efecto, lo mismo que en decisiones bajo riesgo, utilizamos un promedio ponderado, por lo menos cuando adoptamos el Método Lineal.

Pero el problema en el tratamiento de múltiples objetivos se complica por los problemas de medición de los resultados (niveles, valores, grados de los atributos). Repetimos aquí nuestro ejemplo de los autos usados presentado en el punto 10, al cual le hemos asignado ponderaciones.

Los autos usados

Auto	Precio	Kms.	Año	Dueño	Aspecto
A	$3.000.-	85.000	1993	1	5
B	$4.000.-	50.000	1990	0	3
Ponderación	4	3	2	1	2

¿Es legítimo multiplicar los resultados de cada fila por su ponderación y comparar los promedios ponderados así obtenidos? No lo es. Sin embargo, lo hemos hecho al final del punto 11.2. a solo fin de exposición para el caso del Relais Pero no es legítima la mezcla no sólo de unidades distintas de medición sino también de escalas de medición distintas. El aplicar el promedio ponderado del Método Lineal a los resultados del ejemplo de los autos usados es un sinsentido, *si bien puede darse el caso que, casualmente, el resultado sea acertado.*

El problema principal es que, en el Método Lineal, un cambio de unidad de medida puede modificar el resultado del análisis. Tomemos, por ser más fácil, el ejemplo del relais electrónico, violando a sabiendas la regla por la cual no podemos hacer operaciones aritméticas con distintas unidades de medición.

El relais electrónico

Pieza	Duración	Efectividad%	V (S_i)
A	40 horas	80	320
B	30 horas	95	345
Ponderación	2	3	

Como hemos visto en la Figura 20, B se halla sobre una curva de indiferencia superior y por lo tanto, de acuerdo a nuestros axiomas, debe ser preferido a A. Así lo indica el promedio ponderado del Método Lineal *aún cuando no sea legítimo sumar horas con porcentajes*

Pero supongamos que, en lugar de utilizar la notación de porcientos para la efectividad, utilicemos la notación decimal (0,80 en lugar de 80%). Por supuesto se trata de la misma medición, ambas notaciones son equivalentes ¡*Sin embargo, el Método Lineal indica ahora que es A la mejor alternativa*! En efecto:

Pieza	Duración	Efectividad	V (S_i)
A	40 horas	0,80	82,40
B	30 horas	0,95	62,85
Ponderación	2	3	

De modo que un simple cambio de notación en la medición puede llevar a resultados opuestos. Es, por lo tanto, necesario evitar este peligro. **Para ello, unificaremos todas las mediciones del grado (nivel) de realización de todos los atributos en una única escala de medición de intervalo (o proporcional) utilizando una medición substituta (que *substituye* la original)**

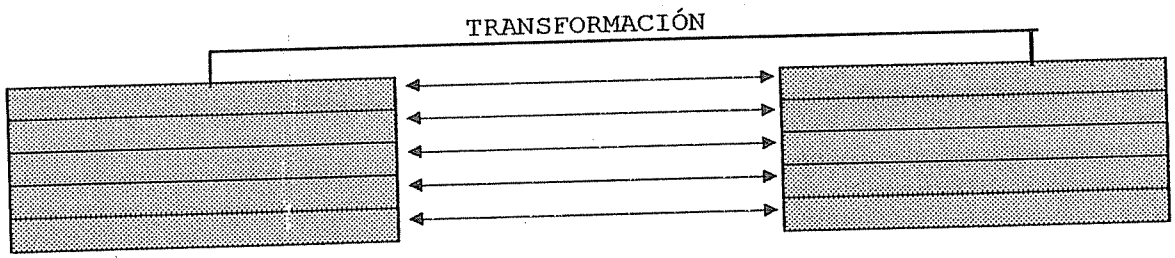
•1 La Medición Substituta

Es necesario reemplazar las mediciones originales con una medición substituta sobre una escala y una unidad de medición iguales para todos los atributos, objetivos o cualitativos. Insistimos: todas las evaluaciones de los resultados deben ser efectuadas por lo menos en una misma escala de intervalo.

Esta escala substituta arbitraria debe tener límites inferiores y superiores: de 1 a 10, de 0 a 5, de 0 a 100, etc., cualquiera es aceptable. En general, se trata de evitar el cero como medición mínima ya que el cero hace desaparecer el atributo en los cálculos numéricos pero eso no constituye un problema importante en el Método Lineal.

La escala substituta debe ser *por lo menos de intervalo*, pudiendo ser, por supuesto, racional pero no obligatoriamente. Lo importante es que dentro de los extremos mínimos y máximos (0-10, 1-5, 0-100, etc.) los intervalos sean juzgados iguales por el decididor: los 10 intervalos existentes en la escala 0-10, por ejemplo, entre números enteros deben ser juzgados iguales de modo que pasar de 1 a 2 sea igual que pasar de 10 a 9.Por supuesto, esto exige cierto esfuerzo de reflexión. A su vez, la escala de medición original debe ser dividida en intervalos iguales, de modo que pueda asignarse válidamente a esos intervalos iguales (entre sí) originales intervalos substitutos iguales (entre sí).

Se trata, por lo tanto, de una transformación de una escala de medición (llamada original) a otra llamada substituta.



Medición a intervalos
Escala original
(o natural)

- numérica
- lingüística,
- (cuantitativa o cualitativas)

Medición a intervalos
Escala Substituta

- numérica
- de intervalo o
- racional

Transformación de medición original en substituta
Figura N° 21

La medición original puede ser numérica (caso del Relais o de los atributos "Precio" o "Kilómetros" en el caso de los Autos Usados). Se trata en general de mediciones cuantitativas en una escala de intervalo o racional. Pero en muchos casos, la escala original se expresa verbalmente: es una escala lingüística (ver Ejemplo N° 18 más adelante). Es el caso de los atributos "Aspecto" o "Dueño" del caso de los Autos Usados. En el ejemplo, ya se han convertido esas mediciones lingüísticas a una escala substituta numérica pero la medición original es lingüística, para ambos atributos:

Los autos usados

Dueño		Aspecto	
Escala Original	Escala Substituta provisoria	Escala Original	Escala Substituta
-Único dueño anterior conocido	1	Excelente	5
		Bueno	4
-Uno o varios dueños anteriores desconocidos	0	Aceptable	3
		Mediocre	2
		Malo	1

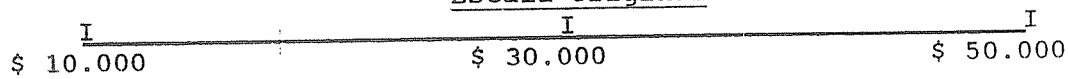
(La medición del atributo "Dueño anterior" es provisoria. Como se adoptará - lo veremos más adelante - una escala substituta de 1 a 5, se modificará esta medida provisoria).

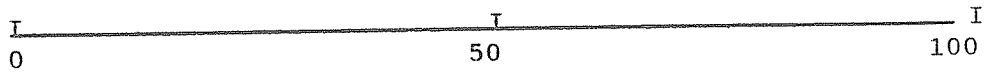
La escala substituta debe ser obligatoriamente numérica, por lo menos de intervalo (si llega a ser racional, mejor). Sus intervalos deben ser iguales entre sí y corresponder a intervalos iguales entre sí de la escala original. Para ello es necesario:

(1) Asignar los valores máximos y mínimos de la escala substituta a los valores máximos y mínimos de la escala original. Enseguida veremos cómo fijar estos últimos.

(2) Dividir la escala original entre sus máximos y mínimos en tramos iguales entre sí y asignarlos a intervalos iguales de la escala substituta. Gráficamente, un ejemplo de escala original en pesos y de escala substituta de 0 a 100.

Escala Original





Escala Substituta

Escala Original	Mínimo $ 10.000	Máximo $ 50.000	Intervalo $ 20.000
Substituta	0	100	50

Obsérvese algo fundamental: la escala substituta no es racional sino de intervalo. En la escala original el máximo es

cinco veces el mínimo pero esto no se refleja en la escala substituta. En la escala substituta la relación entre el máximo (100) y el mínimo (0) no tiene sentido: si se quiere, es infinito. Eso no está mal: no se exige que la escala substituta sea proporcional como la original, basta que sea de intervalo; la mitad de la escala substituta corresponde a la mitad de la escala original; a intervalos iguales de una corresponden intervalos iguales de la otra.

Cuando no existen mediciones originales cuantitativas (dimensión, masa, tiempo, cantidades cardinales, etc.) o mediciones cualitativas generalmente empleadas (como la escala de dureza de Mohr o las escalas Mercali de intensidad de terremotos o maremotos, etc.), es decir cuando se está tratando con atributos absolutamente cualitativos, cuyos niveles, grados, valores se expresan en palabras (atributo lingüístico), en general no existe una escala original natural clara. Es el caso de los atributos "Aspecto" o "Dueño anterior", en nuestro ejemplo de los Autos Usados. En estos casos, hay que inventar una escala "natural" (original) o entrar directamente en una escala sustituta de intervalo dejando implícita la escala original. Supongamos que le pidan calificar del 1 al 10 un plato gastronómico, una decoración, la simpatía de un actor, la capacidad de exposición y de convencimiento de un profesor, etc. Ud. puede fijar un número que cuanto más alto sea implica una mejor opinión. ¿Pero dónde fijar el máximo y el mínimo? El método recomendado es fijar una escala de orden (cualitativa) en lenguaje ordinario, preferentemente de cinco niveles (pueden ser más o menos de acuerdo al atributo a evaluar). El número impar de niveles ayuda a fijar las escalas: el nivel del medio fija el número del medio -que es más fácil identificar- de la escala numérica quedando la misma cantidad de niveles por arriba y por debajo, lo que facilita la asignación de números. Además, un reducido número de niveles otorga mayor flexibilidad para manejar atributos cualitativos, generalmente ambiguos. Un buen método para una escala cualitativa lingüística original es fijar los niveles máximo y mínimo primero; luego fijar el nivel medio, generalmente neutro, equilibrado; y finalmente los niveles intermedios.

Ejemplo N° 18: Niveles cualitativos

Excelente	Altamente riesgoso	Sobresaliente	Alto
Bueno	Riesgoso	Distinguido	Bueno
Aceptable	Equilibrado (50-50)	Bueno	Mediano
Malo	Poco riesgoso	Aprobado	Poco
Muy malo	Seguro	Insuficiente	Nada

En el ejemplo N° 18 se listaron cuatro categorías de 5 niveles que, en realidad, son variantes lingüísticas de una división en cinco clases de los intervalos cualitativos entre

"todo" y "nada" Estos niveles pueden adaptarse a cualquier atributo. Veremos el caso más adelante de tres niveles tales como: "aprobado", "dudoso", "rechazado".

Pueden agregarse otras clasificaciones de niveles cualitativos. La mayor parte de los existentes adopta cinco niveles. Por ejemplo, la calificación de películas es generalmente el siguiente:

Nivel	Estrellas
Excelente	*****
Muy bueno	****
Bueno	***
Regular	**
Malo	*

El problema es saber si una película 5 estrellas es 5 veces mejor que una estrella (cosa que no se exige aquí) o si la diferencia entre 4 y 5 estrellas es la misma que la diferencia entre 3 y 4 estrellas (cosas que sí exigimos aquí). También los hoteles, a través de un sistema bastante complicado, se califican de 1 a 5 estrellas. Los grandes calificadores de restaurantes (Michelin, por ejemplo) califican con 1 a 3 estrellas a partir de un umbral mínimo.

Lo importante es que todos los niveles de la escala cualitativa verbal que se invente deben tener la misma distancia entre sí: debe tratarse de una escala hiperordinal por lo menos, con intervalos iguales. La tercer columna del Ejemplo N°18 se refiere a las calificaciones utilizadas en nuestra Universidad. Obsérvese que las "distancias" entre los niveles no parecen ser iguales. Sin embargo, pueden serlo: el hecho que distorsiona el juicio anterior es que se aprueba con un nivel bajo (por ejemplo 4 sobre 10: hay cuatro niveles numéricos para los insuficientes - 0, 1, 2, 3 - y siete niveles numéricos para quienes aprueban - 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 -

•2 Asignación de máximos y mínimos y de órdenes intermedios.

El número máximo de la escala substituta debe ser asignado al estado del atributo bajo análisis que el decididor considere como máximo posible (o, eventualmente, deseable). A su vez, el mínimo de la escala debe ser asignado al estado del atributo considerado

el mínimo posible (o, eventualmente, deseable). En el caso del Relais, el máximo de eficiencia deseable puede ser considerado sin temor a equivocarse en 100% y el mínimo en 0%. La escala de 0-10 o de 0-100 surge así naturalmente.

El Relais

Pieza	Eficiencia Original	Eficiencia Substituta(1)	Eficiencia Substituta(2)
A	80%	80	8
B	95%	95	9,5

La medición substituta(1) se efectuó en una escala 0-100 y la (2) en una escala 0-10.

En este SIMPLE ejemplo, las escalas substitutas son proporcionales lo que no molesta nada, ya que la medición substituta debe ser en una escala cardinal (intervalo o proporcional), pudiendo co-existir las dos en la misma matríz de decisión a los efectos del Método Lineal (mientras los máximos y mínimos y las unidades de medición de las escalas substitutas sean los mismos).

En el caso de la "Duración", puede saberse, por ejemplo, que el máximo de duración de estos artefactos en el mercado mundial es de 50 horas y que el mínimo es de 20 horas. Fijaremos entonces el valor 10 de la escala substituta a 50 horas y el valor cero a 20 horas. El criterio ha sido tomar los máximos posibles ofrecidos por el mercado.

Si dividimos las horas de duración en tramos de 10 horas existen tres intervalos posibles (20-30; 30-40; 40-50) para ser repartidos en 10 puntos de la escala substituta, es decir 3,33 puntos por intervalo. De allí que a las 30 horas de la alternativa B le fijaremos 3,33 y a la 40 horas de la alternativa A le fijaremos 6,67 en la escala substituta.

La transformación es la siguiente para una escala 0-10:

Duración	Escala Substituta
Máximo: 50 h.	10
40 h.	6,67
30 h.	3,33
Mínimo: 20 h.	0

La división de los tramos de medición de la duración de 10 en 10 horas es arbitraria, de acuerdo a las necesidades del decididor o puede ser aconsejable o aún impuesta por las características de la situación de decisión o del atributo bajo análisis.

Nada impide, en este caso, tomar, por ejemplo, tramos de duración de una hora. Tendríamos así:

Duración horas	Escala Sustituta
20	0
21	0,333
22	0,667
23	1
24	1,333
etc.	etc.

Pero esto aparece inútil aquí, ya que las dos únicas alternativas a considerar implican múltiplos de 10 en las horas de duración (30 horas, 40 horas) ¿Por qué detallar en unidades de 1 hora si no es necesario?

En el problema de los autos usados, el caso de los "kilómetros" recorridos es más difícil. Primeramente, se trata de un atributo negativo: cuanto más kilómetros, cuanto menos deseado. Pero este tema, que tiene sus complejidades, lo dejaremos para el punto siguiente. En segundo lugar, si podemos fijar como mínimo de kilómetros recorridos en cero kilómetros, ¿cómo fijar el máximo?. En este caso, el decididor puede determinar un umbral, "no quiero un auto con más de 100.000 kms." y fijar en esa cantidad el máximo (o el mínimo, como veremos) de su escala substituta. Lo mismo para el precio, que también, al igual que los kilómetros, es una variable negativa: puede fijar como máximo el precio máximo que está dispuesto a pagar, digamos $5.000.- y como mínimo cero pesos.

En este caso tendríamos, para una escala 0-10:

Los autos usados

Auto	Precio Originario	Precio Substituto(1)	Kms. Originario	Kms. Substituto(2)
A	3.000	6	85.000	8,5
B	4.000	8	50.000	5,0

(1) Se fija el máximo 10 al precio máximo que se está dispuesto a pagar $5.000.- y el mínimo cero a cero pesos.

(2) Se fija el máximo 10 al kilometraje máximo que se está dispuesto a aceptar: kms. 100.000, y el mínimo a cero kilómetros.

Para evitar las dificultades de establecer estados máximo y mínimo ideales, algunos autores aconsejan fijar el máximo (y sólo

el máximo) o un mínimo (y sólo el mínimo) o ambos, en los valores máximos o mínimo que la situación ofrece. En este caso, puede fijarse el valor máximo de 10 en $4.000 y en Kms. 85.000 que son los datos existentes de la situación realmente encarada El resultado sería el siguiente:

Los autos usados (medición alternativa)

Auto	Precio Substituto	Kms. Substituto
A	7,5	10,00
B	10,0	5,88

Ya que se trata de mediciones efectuadas originalmente en escala racional, la forma de calcular la escala substituta es intuitivamente trivial.

Precio: si fijamos 10 a $4.000, a $3.000 se le asignará

(3.000/4.000) x 10 = 7,5

Kilómetros: si fijamos 10 a Kms. 85.000, a Kms. 50.000 se asignará:

(50.000/85.000)x 10 = 5,88

Este último método (máximos y mínimos ofrecidos realmente por la situación concreta) no es el más conveniente pero en ciertas situaciones en las cuales una medida ideal es difícil de establecer o cuando no hay posibilidad de otra alternativa, incluída la de verbalizar las existentes, es útil. Si se fija solamente un máximo (o un mínimo), el otro extremo es abierto y puede llegar a ser un ideal. Si hay sólo dos alternativas, fijar la medida substituta 10 en el máximo y la medida 0 en el mínimo, (siendo ambos máximos y mínimos los que aparecen en la situación analizada) es establecer un simple orden, ya que sólo están las dos medidas y un orden no permite efectuar los cálculos que el Método Lineal requiere (ver punto 12.7). Pero si hay más de dos alternativas, puede ser aceptable fijar máximo y mínimo de la escala substituta en los estados máximos y mínimos que asumen los atributos en la situación específica estudiada y calcular los valores intermedios por simple regla de tres. Este método de fijar los máximos y/o los mínimos en los estados asumidos por los atributos en la situación bajo análisis se justifica especialmente cuando la situación es definitiva: no se agregarán nuevas alternativas, no se anulará la situación (en una licitación, por ejemplo). Siendo la situación determinada, inamovible, obligatoria, no tiene mucho sentido hallar estados ideales para

fijar máximos y mínimos. No hemos adoptado este método aquí. (Ver ejercicios N° 24 y 25).

En ciertas situaciones el decididor puede considerar conveniente tomar máximos y mínimos fijados por el mercado (por su particular visión del mercado).

En el caso de los Autos Usados, el caso del "año" del modelo, si bien parece más difícil, es similar a los anteriores. Si se fija un año óptimo (por ejemplo, el actual o el anterior) y un año mínimo (por ejemplo, 1990: no se quiere un modelo anterior, por cualquier razón), se aplica una escala de intervalo. Supongamos que fijamos 10 para el año 1997 y 0 para el año 1989, tenemos 10 intervalos en la escala substituta (0 a 10) que deben corresponder a 8 intervalos (años como períodos escala original 1989-1997). De este modo a cada año le corresponde un intervalo de 1,25 (10/8) en la escala substituta. Para 1990, tendremos 1,25 y para 1993, 5.

El caso del atributo "dueño" es más complicado ya que en realidad su medida "natural" de dos estados (único dueño anterior conocido / uno o varios dueños anteriores desconocidos) es nominal y no es fácil pasar de una escala nominal a una de intervalo. Un asesor experimentado aconsejaría olvidar ese atributo. En el ejemplo, el decididor adopta una escala substituta provisoria nominal: 1 para dueño anterior conocido, cero para dueño anterior desconocido. Es necesario convertir esa escala provisoria en una definitiva de intervalo 0-10 para mantener la homogeneidad de las mediciones que requiere el Método Lineal, sensible a estos problemas.

¿Cómo pasar de una escala nominal a una escala de intervalo? Una forma fácil es pasar a una escala proporcional, tan legítima como una de intervalo: ¿cuán mejor es conocer al dueño anterior que no conocerlo? Supondremos que, dado la ponderación de 1 que se le otorgó a este atributo, el conocimiento del dueño anterior no es demasiado importante y podemos suponer entonces que conocer al dueño anterior vale dos veces el no conocerlo. Por lo tanto evaluaremos el dueño anterior en 10 para A y en 5 para B.

En cuanto al "aspecto", adoptaremos la escala original, lingüística, ya expuesta: "Excelente-Bueno-Aceptable-Malo-Muy malo".

En la formulación del ejemplo, se transformó esa escala "natural" en una escala substituta de 1-5. Pero ello no es conveniente para la aplicación del Método Lineal. En efecto, dado que el Método es sensible al cambio de unidad de medida, no deben utilizarse escalas substitutas distintas en un mismo problema (por ejemplo, una escala 0-10 para algunos atributos y una escala 1-5 para otros). Una vez más, el uso de escalas distintas no implica obligatoriamente indicaciones distintas en cuanto a la alternativa a elegir, pero puede hacerlo ya que introduce una distorsión. Por lo tanto, debe utilizarse una misma escala para todos los atributos

En este caso se estimó que el atributo "Aspecto" valía 5 para el auto A y 3 para el auto B, debemos convertir esa escala

substituta provisoria en una escala substituta definitiva de acuerdo a las siguientes escalas:

Escala Natural Aspecto	Excelente	Bueno	Aceptable	Malo	Muy Malo
Escala Substituta Provisoria	5	4	3	2	1
Escala Substituta Definitiva	10	7,5	5	2,5	0

Obsérvese, una vez más, una característica a la cual le damos una gran importancia: las dos escalas substitutas son de intervalo. La relación entre las medidas substitutas de ambas escalas - la provisoria y la definitiva - son distintas pero los intervalos son iguales. Por lo tanto, fijaremos al atributo "Aspecto" la medición 10 para A y 5 para B.

•3. Uso de distintos máximos y mínimos en la escala substituta.

Todos los atributos deben ser medidos en una única escala substituta con los mismos máximos y mínimos(Por ejemplo, 0-10, 1-100, 1-5, etc.) Ello elimina distorsiones y hace la nueva situación (surgida de la transformación de las mediciones originales en mediciones substitutas) más clara y fácil de comprender y de comparar evaluaciones. Pero ello no siempre es posible o fácil. De todos modos, debe utilizarse la misma escala para todos los atributos.

Lo que tiene mucha influencia en el resultado final, es la fijación de máximos y mínimos en la medición original porque esto puede hacer cambiar, por supuesto, los valores de los atributos. Lo veremos más adelante en el ejemplo de los Misiles.

También es recomendable utilizar el número 1 como mínimo de la escala substituta. Hemos adoptado aquí una escala substituta de 0 a 10. El cero es en general molesto: genera 11 medidas, en una multiplicación hace desaparecer el atributo, así que, frecuentemente se utilizan -y es aconsejable hacerlo- escalas cuyo mínimo es 1.

•4 Resumen de la transformación a escala substituta

Resumimos el importante problema de transformar la medición original en una escala substituta y de la asignación de máximos y mínimos de dicha escala substituta:

(1) Se recomienda tomar como valores máximos (mínimos) de los atributos, los valores máximos (mínimos) deseables y posibles de la escala original de medición. Lo deseable debe ser posible de encontrar o realizarse: si no, no tiene sentido tomarlo como base de cálculo. A esos máximos y mínimos originales se le asignan los máximos y mínimos de la escala substituta.

(2) En casos muy especiales de limitación absoluta de alternativas o de imposibilidad de evitar la elección (por ejemplo, imposibilidad de declarar desierta una licitación o un concurso) puede tomarse como máximos (mínimos) los reales ofrecidos por la situación bajo análisis.

(3) No debe confundirse los máximos y mínimos de las escalas con los umbrales que puede fijar el decididor, si bien pueden coincidir. En principio, el mínimo fijado para la medición original es menor o igual que el mínimo brindado por la situación real y el máximo es mayor o igual que el máximo brindado por la situación real bajo análisis. Si el mínimo, por ejemplo, fuese superior al mínimo ofrecido por la situación real, se fijaría un umbral y quedarían eliminadas las alternativas que ofreciesen valores inferiores a ese umbral.

(4) La escala substituta debe ser única para todos los atributos en el sentido que su máximo y mínimo deben ser los mismos. Pero no hay inconvenientes que esa escala sea de intervalo para un atributo y proporcional para otro.

•5 Valores negativos

El costo es un valor negativo: queremos minimizarlo. También los kilómetros recorridos por el auto usado. La efectividad del relais, el año del modelo del auto, son valores positivos: queremos maximizarlos.

En otras palabras, existen valores que cuanto mayores son, más beneficiosos (positivos) y otros que cuanto más grandes, menos beneficiosos (negativos). ¿Cómo atribuir valores de la escala substituta a esos valores negativos?

El método -que llamaremos Método Directo- que se recomienda aquí es:

Criterio para valores negativos

- A mayor nivel, grado, estado del atributo: Mayor medición en la escala substituta

- Se resta en la fórmula de promedio ponderado.

Este es el método que hemos adoptado en los ejemplos anteriores. Pero en la fórmula del Método Lineal:

$$V(S_i) = \Sigma\ V_{ij}\ P_j$$

la valoración V_{ij} de esos atributos será negativa, es decir que se restará en la suma del promedio ponderado.

Algunos autores sostienen el criterio contrario -que llamaremos Método Inverso- para los atributos negativos:

- A mayor nivel, grado, estado del atributo:
- Menor medición en las escalas substitutas

Luego, en la fórmula del promedio ponderado del Método Lineal suman el valor del atributo negativo, que será bajo o nulo.

Este método no es recomendado porque es difícil invertir la medición substituta en comparación con la medición original y la suma de una cifra baja en lugar de la resta de una cifra alta parece menos eficaz. De todos modos, es legítimo.

Por ejemplo, tomando un ejemplo arbitrario de costos:

Alternativa	Costo $	Método recomendado(1)	Método alternativo(2)
A	10.000	5	1
B	8.000	1	5

(1) A mayor nivel del atributo negativo, mayor medición en la escala substituta (y viceversa) , medición que será negativa en la fórmula del Método Lineal.

(2) A mayor nivel del atributo negativo, menor medición en la escala substituta (y viceversa), medición que será positiva en la fórmula del Método Lineal.

Una observación importante

Una escala original (no numérica) del tipo de la primer columna del Ejemplo N° 18 (muy malo, malo, aceptable, bueno, excelente) puede inducir a confusión ya que aparece parcialmente negativa (muy malo, malo) y parcialmente positiva (bueno, excelente). En realidad no hay ningún problema: se fija el máximo y mínimo de la escala substituta y el máximo y el mínimo de la escala original (por ejemplo, malo=1, excelente=5) y se suma en la fórmula del Método Lineal: es una versión del Método Inverso.

De todos modos, puede ser preferible utilizar una escala lingüística uniforme en cuanto a su deseabilidad. Por ejemplo, un atributo negativo podría ser dividido en los siguientes niveles:

Pésimo - Muy malo - Malo - Insatisfactorio - Tolerable

La última columna del Ejemplo N° 18 muestra una escala uniforme para un atributo positivo.

•6 Solución de nuestros dos ejemplos

Tomando los resultados a los cuales hemos llegado en el punto anterior, estableceremos ahora las matrices de decisión de los casos del relais y de los antes usados con la escala substituta.

El relais: (con escala substituta: 0-10)

Pieza	Duración	Efectividad	$V(S_i)$
A	6,67	8,0	37,34
B	3,33	9,5	35,16
Ponderación	2	3	

Como se ve, A está colocado en una curva de indiferencia superior y debe ser elegido, contrariamente a los resultados obtenidos sin efectuar la transformación a escala substituta.

Los autos usados (con escala substituta: 0-10)

Auto	Precio	Kms.	Año	Dueño	Aspecto	$V(S_i)$
A	6	8,5	5	10	10	- 9,5
B	8	5,0	1,25	5	5	-29,5
Ponderación	4	3	2	1	2	

En este caso el auto A debe ser el elegido: indudablemente, el costo con su alta ponderación ha influido más que el kilometraje. No olvidar que ambos atributos se han restado y los demás sumados. (Ver ejercicio N° 24, pregunta d)

Es fundamental tener en cuenta que el valor final $V(S_i)$ no representa nada: no tiene correlato físico. Es una cifra arbitraria que sólo ordena las curvas de indiferencia a las cuales pertenecen las alternativas. La relación entre los valores atribuidos a cada alternativa (-9,5 y -29,5 en este último ejemplo) no tiene sentido factual alguno pero se trata de una escala de intervalo: si hubiera más de dos alternativas, la

relación entre las diferencias de los valores V (S_i) tendría sentido.

•7 Métodos alternativos a la constitución de la escala substituta

No es sencillo transformar las medidas originales en una escala substituta de intervalo o racional. Ofrece ciertas complicaciones, demanda esfuerzos y la utilización de ciertos criterios (máximos y mínimos, atributos negativos) (y también umbrales, como veremos más adelante) que pueden ser discutibles y/o que recaen fuertemente sobre la responsabilidad del decididor. De modo que se inventan métodos para lograr escalas substitutas que aparecen más fáciles pero algunos de ellos violan axiomas básicos de la Teoría de los Números o de la Teoría de la Medición. Veremos algunos ejemplos en los Ejercicios.

Un error imperdonable: el uso del orden

El error más común es utilizar como escala substituta el orden de las magnitudes originales de los atributos. Ello viola los axiomas que definen los órdenes. Al no informar sobre la "distancia" entre los elementos ordenados, un orden no es susceptible de la multiplicación y de la adición que requiere el Método Lineal. Veamos la aplicación de este método a nuestros dos ejemplos (lo mejor o más alto se mide con 1 y se continúa con 2, etc.). Por supuesto, el valor total V (Si) más bajo es el mejor

El relais electrónico

Pieza	Duración	Efectividad	V(Si)
A	1	2	8
B	2	1	7
Ponderación	2	3	

Los autos usados

Auto	Precio	Kms.	Año	Dueño	Aspecto	V(Si)
A	1	2	1	1	1	15
B	2	1	2	2	2	21
Ponderación	4	3	2	1	2	

En el caso del Relais, el uso del orden nos da una solución distinta a la que hemos hallado anteriormente. En el caso de los Autos Usados, la solución es la misma. El hecho que se violen axiomas básicos de medición no lleva obligatoriamente a una

solución errónea. En el caso de los Autos, no hemos restado los valores correspondientes a Precio y Kilómetros: no tiene sentido en un orden en el cual el número más bajo es el mejor (o el menos malo). Aquí, la diferencia entre los valores V (S_i) de cada alternativa no tiene correlato alguno con la realidad.

Los llamados números "neutros"

Un método muy común en la literatura para facilitar la constitución de una escala substituta es el de los llamados "números neutros". Se trata simplemente de tomar la medida mínima de cada atributo (o el mínimo deseado o posible), darle valor 1 y, a su vez, utilizarlo como divisor de todas las demás medidas.

En el caso de los Autos Usados, al tratar el costo, daríamos medida substituta 1 a $3.000 y medida 4.000/3.000 = 1,33 a $4.000. Para los kilómetros, le damos medida substituta 1 a 50.000 y medida 85.000/50.000 = 1,70 a 85.000. A estos números, que representan la relación entre las medida originales de los atributos tomando como base la menor, llamados números neutros (?) se los utiliza para la escala substituta.

También se puede tomar como base 1 la medida máxima y hallar las otras medidas como proporciones de 1. (En los Autos Usados, si se fija 1 en $4.000, la medida substituta de $3.000 será 0,75).

Este método es legítimo (si se fija adecuadamente el máximo o el mínimo), **si se utiliza con medidas originales en escalas racionales** ya que no tiene sentido y es inaplicable en caso de medidas originales sobre escalas no racionales. En el caso de los Autos Usados, no tiene sentido dividir 1993 por 1990 (años) o viceversa. Como es obligatorio tener una escala uniforme, empiezan los inventos que violan los axiomas de la medición. El método es inaplicable cuando algún atributo se mide en una escala no racional ya que la escala substituta debe ser única.

La dificultad para construir una escala substituta puede llevar a desatinos. Pero hay algo más profundo: es la desconfianza en la subjetividad, la creencia, pocas veces explicitada, que existe un mundo racional, objetivo, *ahí afuera* y que debemos esforzarnos para capturarlo.

8 Otro ejemplo: Los Misiles

En realidad tomaremos el ejemplo del Relais pero refiriéndolo a la compra de Misiles para la Armada. Los atributos relevantes que tomaremos aquí es la DISTANCIA (en lugar de la DURACIÓN) Y LA EFECTIVIDAD.

La "Distancia" se refiere al alcance operativo del misil desde el punto de su lanzamiento. La "Efectividad" es el porcentaje de tiros que alcanzan el blanco. Por supuesto, un caso real es mucho más complejo. En nuestro ejemplo altamente simplificado podremos representar fácilmente las curvas de

indiferencia y comparemos, más adelante, el Método Lineal utilizado aquí con otros métodos.

La diferencia con el ejemplo de los Relais, expuesto anteriormente, es que modificaremos la escala substituta a solo fin de mostrar las variantes posibles.

Los Misiles

Misil	Distancia	Efectividad
A	40 Km.	80%
B	30 Km.	95%
Ponderación	2	3

Escala Substituta

Distancia	Escala Substituta	Efectividad	Escala Substituta
50 Km.	5	100%	5
40 Km.	4	90%	4
30 Km.	3	80%	3
20 Km.	2	70%	2
10 Km.	1	60%	1

Observe las diferencias con el ejemplo del Relais:

- La escala adoptada va del 1 al 5.
- El mínimo admitido de "Distancia" es 10Km. (en lugar de 20 horas en el caso de "Duración" del relais).
- El mínimo de la efectividad no es 0% sino 60%. El decididor no admite una efectividad menor a 60%. Fija un umbral. Esto es muy importante y volveremos sobre el tema.

Los Misiles. Matríz de decisión con escala substituta (1-5)

Misil	Distancia	Efectividad	Indice V (S_i)
A	4	3	17
B	3	4,5	19,5
Ponderación	2	3	

LOS MISILES

CURVAS DE INDIFERENCIA

METODO LINEAL				
DISTANCIA	ALTERNATIVA A		ALTERNATIVA B	
	Efectividad	Indice	Efectividad	Indice
1,0	5,00	17	6,83	19,5
1,5	4,67	17	6,50	19,5
2,0	4,33	17	6,17	19,5
2,5	4,00	17	4,83	19,5
3,0	3,67	17	4,50	19,5
3,5	3,33	17	4,17	19,5
4,0	3,00	17	3,83	19,5
4,5	2,67	17	3,50	19,5
5,0	2,33	17	3,17	19,5

Zona grisacea es no factible por superar la efectividad al 100%.

En negrita, las opciones de la matriz de decision

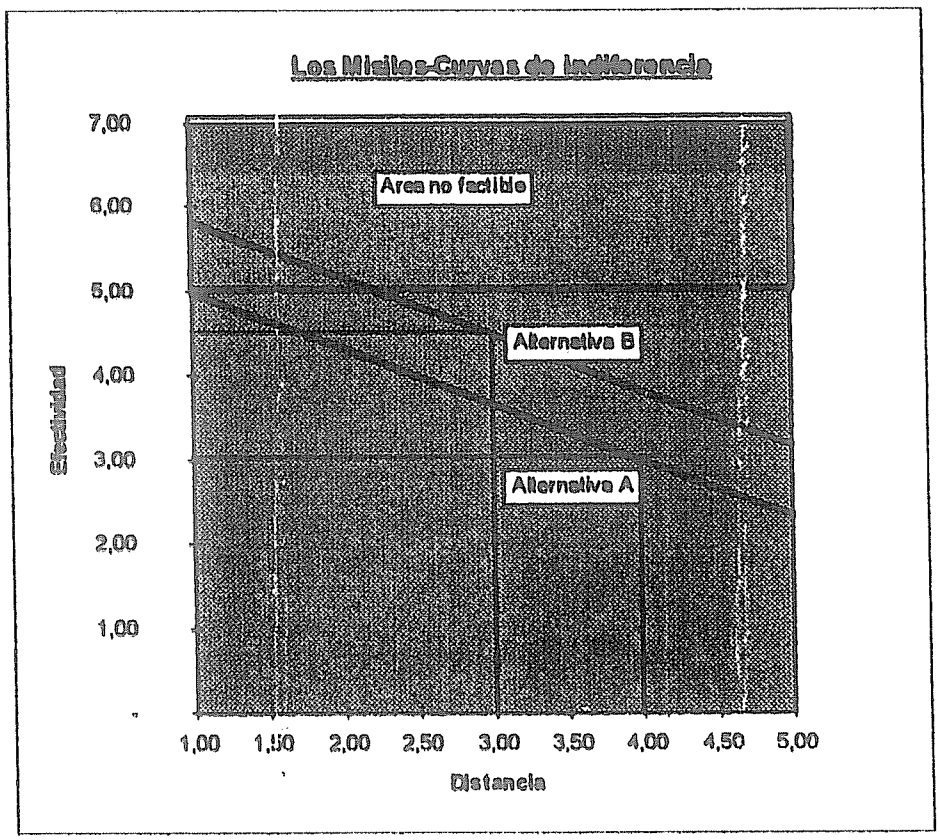


Figura N°22

En la Figura N°22, se grafican las curvas de indiferencia y la ubicación de las alternativas en ellas.

Obsérvese que no obstante ser el mismo problema que el caso del Relais (las mismas medidas originales y la misma ponderación) la solución es distinta. En el caso del Relais, la opción A es la mejor, en el caso de los Misiles, la mejor es la B. ¿Por qué?

Simplemente, porque hemos cambiado el rango (máximos y mínimos) de los valores V_i de la escala original de medición y, por lo tanto, de la escala substituta: se han introducido umbrales sobre los valores originales. En cuanto a la Efectividad, no pusimos límite inferior a la misma en el caso del Relais: una efectividad del 0% era posible y la escala substituta abarcó una efectividad de 0% a 100%. En el caso de los Misiles, la efectividad mínima aceptable es del 60%. Es razonable que se fije un límite mínimo a los valores de los atributos. La escala substituta comienza entonces en 1 (el mínimo) para 60% y termina en 5 (el máximo) en el máximo posible de efectividad, el 100% (en tanto que en el caso del Relais el mínimo de la escala substituta comenzaba en 0%).

Similarmente, en cuanto a duración de los Relais, el mínimo posible era 20 horas en tanto que para los Misiles la distancia mínima es de 10 Km. En esas cifras comienza la escala substituta.

Se introdujo este ejemplo para mostrar la enorme importancia de los límites máximos y mínimos de valoración en la medición original, a efectos de la escala substituta, para analizar y solucionar estos problemas. La alternativa óptima puede depender de las condiciones de mercado, de las medidas originales de la situación tomada como dada e inamovible (típica de estos problemas) o de los límites puestos a sus objetivos por el decididor.

No es lo mismo una efectividad del 80% cuando el mínimo admitido es 0% o cuando es 60%. En el primer caso, en el contexto admitido para la decisión, la efectividad de 80% es alta; en el segundo caso, es baja. En general, se descuidan estos aspectos.

La diferencia no está originada en el cambio de escala substituta (0-10 para los relais, 1-5 para los misiles). En efecto, en ambos casos, los intervalos de las medidas substitutas son iguales. Se trata de escalas de intervalo y el cambio de punto de origen y de punto máximo no modifica los resultados. Haga la prueba fijando una escala 1-5 (en lugar de 0-10) al problema de los Relais tal como fue resuelto en el punto 12.6. Se comprobará que la decisión aconsejada es la misma: elija A. (ver Ejercicio N° 28) Eso sí, no olvidar que la escala substituta es una escala de intervalo por lo menos y que a intervalos iguales en las mediciones originarias, físicas, deben corresponder intervalos iguales (o resultantes de una transformación lineal $X' = aX + b$, $a \neq o$), por lo menos.

Las curvas de indiferencia por cada alternativa A y B son las graficadas mas adelante.

En el Capítulo IV del Anexo, damos la demostración de la validez del cambio de los máximos y mínimos de la escala subatituta (0-10; 1-5) y de las operaciones efectuadas con los valores de las mismas.

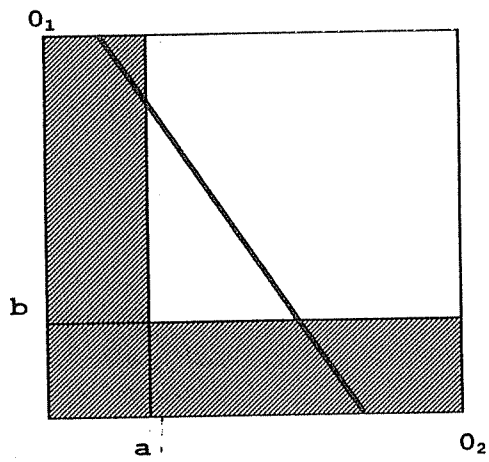
•9. Los umbrales

El Método Lineal es un método compensatorio: admite que la disminución (aumento) en el logro de un atributo sea compensado por un aumento (disminución) de otro u otros atributos. Al contrario, el orden lexicográfico (expuesto en el Anexo del Capítulo "La Medición del Universo) no permite compensación entre atributos de distinto orden.

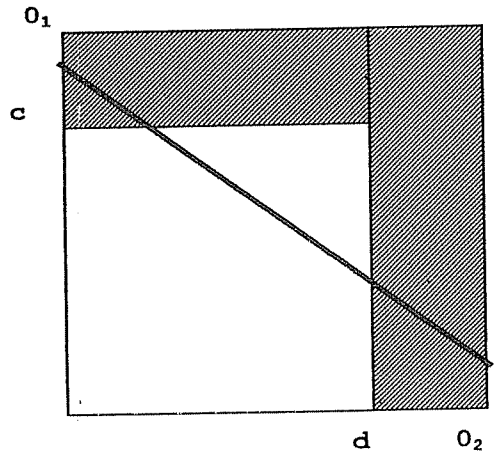
¿Pero hasta cuándo es admisible la compensación?. Llevada a sus extremos, podríamos llegar a absurdos: por ejemplo, en el caso de los misiles, un misil con efectividad 0% pero un alcance de 1.000 Kms. podría resultar superior al misil B con un alcance de 30 Kms. y una eficiencia de 95%. La eficacia 0% no es admisible en la práctica. El Método Lineal es ciego en este sentido: sus curvas de indiferencia cruzan el cuadrante cartesiano de una coordenada a otra, llegando (teóricamente, por lo menos) a admitir opciones con atributos valorados en cero o en cifras absurdas. En el mismo caso de los misiles, podríamos tener el caso opuesto: una eficiencia de 100% y un alcance de 0 Kms. Ambos extremos (alcance extraordinario y eficacia cero o alcance cero y eficacia 100%) son absurdos e inadmisibles en la vida real. Pero el Método Lineal, que es un robot, no lo sabe. Sí lo sabe el decididor.

Esta capacidad extrema de compensación se corrige fijando límites, restricciones o umbrales mínimos y máximos por debajo o por arriba de los cuales no se admite la opción. En nuestro ejemplo de los misiles, no se admite un alcance menor a 10 Kms. y una eficacia menor a 60%. Si alguna opción tiene alguno de sus atributos valorados por debajo de esos niveles, se la rechaza *ipso facto* sin siquiera analizarla (quizás, se requiera la presentación de otra oferta).

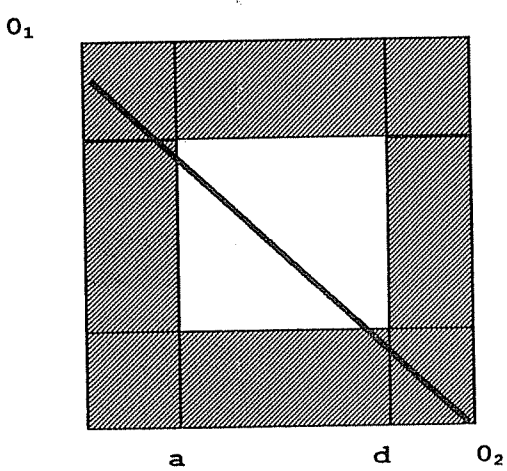
Los umbrales se fijan como mínimos y/o como máximos (es el caso clásico de un presupuesto fijo) para cada uno de los atributos y se refiere, a sus medidas en la escala original. Estos conceptos se grafican en la Figura N°23. (Ver ejercicio N° 26)



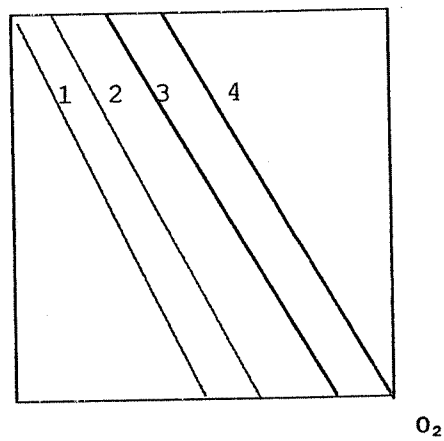
a,b: mínimos admitidos de O_1 y O_2



c,d: máximos admitidos de O_1 y O_2



Umbrales máximos y mínimos



No se admiten curvas de inferiores a 3.

Umbrales
Figura N°23

Se ha trazado, para mejor demostración en los tres casos de umbrales, una curva de indiferencia que solo es válida en el cuadrante no sombreado.

Obsérvese que un umbral máximo para O1 produce un efecto similar a un umbral mínimo para 02 y viceversa. Ello se debe a que una curva de indiferencia es una función de todos los atributos que la conforman.

Ejemplo: Los Misiles (2)

Misil	Distancia	Efectividad
A	40 Km.	80%
B	30 Km.	95%
C	100 Km.	50%
D	10 Km.	100%
Ponderación	2	3

En el ejemplo, se han agregado dos nuevas alternativas C y D. Pero la Armada ha decidido que no puede comprar misiles con un alcance menor a 20 Kms. porque ello pondría en grave peligro el avión portador del misil al verse obligado a aproximarse demasiado al blanco. También decide que no puede comprar misiles con una efectividad menor al 80% dado el escaso número de aviones portadores.

Por lo tanto, las alternativas C y D quedan eliminadas, quedando nuestras conocidas A y B. El Ejercicio N° 27 le requerirá analizar si la introducción de estos mínimos le modifica la escala substituta y, en este caso, le modifica la decisión obtenida en el punto 12.8.

Por supuesto, la fijación de los umbrales requiere una metadecisión que, si bien puede llegar a ser compleja, en general es basada sobre experiencias y *know how* que la facilitan grandemente.

Para finalizar, volveremos sobre un caso real.

En el Ejemplo N° 19, se han transcripto los resultados finales en el caso real de la licitación para el dragado del Canal Mitre (Río de la Plata y Paraná, hasta Santa Fe anticipado en el ejemplo N°7.)

Finalmente, la obra fue otorgada al consorcio Ian De Nul-Kokourek, no obstante lograr el 2° puesto, por razones que el autor desconoce (por ejemplo, podría ser por no presentar el primero garantías satisfactorias o incumplir cualquier requisito de la licitación, o simplemente por desistir de la adjudicación final).

También se ignora por qué fueron rechazados el 3° y el 4°: seguramente por no superar un umbral mínimo en las valoraciones o en el valor final.

Ejemplo N°19. Dragado del Canal Mitre

Estos son los resultados de la licitación del dragado del Canal Mitre (Ejemplo N°7)tal como fueron publicados por el Boletín Oficial.

ATRIBUTO		CONSORCIO PUNTAJE PARCIAL				
	PONDERACIÓN	PENTAMAR GREAT LAKES	JAN DE NUL KOKOUREK	ENCARTEC	VICTORIO A. GUALTIERI	DYOPSA SUPERCEMENTO
	P_i	V_i	V_i	V_i	V_i	V_i
1. Estudio Hidrográfico	2	8.00	9.60	5.80	6.80	7.20
2. Estudio de suelo y sedimentológico	2	7.50	7.60	2.70	7.40	8.00
3. Medición y datos propios	2	9.40	4.80	1.68	3.90	6.60
4. Volumen de apertura	1	6.50	8.20	7.00	6.90	6.80
5. Plan de dragado	3	7.00	7.70	4.20	4.80	7.70
6. Plan de balizamiento	2	7.60	6.90	5.05	4.25	7.75
7. Estudio de tráfico	3	8.85	7.25	4.05	7.40	8.85
8. Control de tráfico	1	8.00	10.00	7.00	10.00	7.00
9. Método Estudios futuros	2	10.00	7.24	10.00	7.00	5.66
10. Recursos Técnicos y Humanos	2	9.20	8.40	4.40	6.00	9.20
11. Anteproyecto	4	7.90	7.80	5.35	5.50	6.40
PUNTAJE MÍNIMO PARCIAL		6.50	4.80	1.68	3.90	5.66
PUNTAJE TOTAL	24	197.05	183.33	119.41	146.20	177.87
RESULTADO DE LA EVALUACIÓN		ACEPTADA	ACEPTADA	RECHAZADA	RECHAZADA	ACEPTADA

13. EL MÉTODO LINEAL REDUCIDO

Se usa con mucha frecuencia un método (aparentemente) más simple pero que finalmente consiste en el Método Lineal presentado de una forma más sencilla. Es utilizado en forma sostenida en nuestro país en licitaciones. Es particularmente adaptado a atributos de difícil cuantificación o directamente cualitativos. Lo expondremos, comparándolo con el Método Lineal general expuesto anteriormente. Veamos primero un ejemplo simple y casi trivial.

Concurso para diseñar un sistema de información.

Se evaluaron las ofertas de acuerdo a los siguientes atributos y ponderación.

Atributos	Participación en calificación total (%)
1) Antecedentes generales	10
2) Antecedentes en trabajos similares	30
3) Equipo de expertos	30
4) Tiempo total requerido	20
5) Prototipo	10
Total	100

El Método Lineal Reducido obra de la siguiente forma:

(1) Se normalizan las ponderaciones como porcentajes. La expresión verbal es, por ejemplo: "La valoración del equipo de expertos constituye el 30% de la calificación total". Esto es, en realidad, una ponderación, aún cuando no se la llame así. Si un atributo constituye el 30% de la valoración total, vale el doble que un atributo que constituye el 15% de la valoración total.

(2) Se valúan los distintos atributos entre cero y el máximo de participación en la calificación final (ponderación). Por ejemplo, el atributo "equipo de expertos" no podrá tener una valuación superior a 30.

¿Pero cómo se determina la valuación? No hay bibliografía sobre este tema pero la práctica utilizada indica que el procedimiento tiende a ser, en realidad, el siguiente:

La ponderación (el porcentaje de la valuación total) es la valuación máxima del atributo. Si una de las alternativas presenta un atributo con un nivel máximo (100% de la valuación total) se le

fija el 100% de su ponderación (en el caso del atributo 2 "Antecedentes..." se le da el valor 30 si son perfectos.)

Por supuesto, si no existiesen antecedentes, el atributo tendría como valor el cero por ciento (0%) del valor total, o sea cero (0). Si la alternativa ofrece un atributo que, a juicio de los evaluadores, tiene como valor el 50% de la valuación total, se le daría en este caso la valuación 15.

Reiteramos, se valúa el atributo entre cero (mínimo) y el máximo representado por la participación (ponderación) en la valuación total. En el caso del atributo 2 "Antecedentes..." una valuación de 20 indica que la alternativa ofrece como antecedentes un atributo cuyo valor es la 2/3 parte (66%) del total posible.

(3) Los atributos negativos se tratan como se indicó para el Método Lineal. Se tiende a utilizar el método alternativo "A mayor valor negativo, menor puntaje" (y se suma el puntaje) si bien sigue siendo recomendable utilizar el método "A mayor valor negativo, mayor puntaje" (y se resta el puntaje).

(4) Finalizada la valuación, se suma el puntaje (valuación) de todos los atributos de cada alternativa (con algunos de los criterios adoptados para los atributos negativos). La alternativa con mayor puntaje (valuación) es la elegida. El puntaje máximo, por supuesto, es 100.

Supongamos que en nuestro ejemplo del Concurso se presentan dos oferentes A y B y que la valuación final sea la siguiente:

Atributos	Participación en Clasificación Total	Oferentes	
		A	B
1) Antecedentes generales	10	10	10
2) Antecedentes en trabajos similares	30	30	20
3) Equipo de expertos	30	25	20
4) Tiempo requerido (*)	20	20	10
5) Prototipo	10	7	10
Total	100	52	50
Resultado		Gana	Pierde

(*) Atributo negativo. Se resta del puntaje total.

Esto se interpreta como ya hemos dicho: en el atributo 2, por ejemplo, A ofrece un máximo deseado (o posible) en tanto que se evalúa que B sólo ofrece los 2/3; en el atributo 4, B hace el trabajo en la mitad del tiempo que A y su prototipo cumple el 100% de lo deseado, etc.

Este método es, repetimos, muy utilizado y parece más simple que el Método Lineal. Pero no es así: en realidad es el Método Lineal pero su presentación y su aplicación disimulan los aspectos difíciles que hemos analizado a fondo en el Método Lineal. En efecto:

- El problema de la ponderación es el mismo.

- El problema de los máximos y mínimos se presenta de igual manera. En la práctica, cuando se utiliza el Método Reducido los 00máximos y mínimos tienden a ser los ofrecidos por las alternativas disponibles (pero no obligatoriamente es así).

- El problema de los atributos negativos es el mismo. En muchos casos, cuando ello es posible, no se incluye el atributo negativo por excelencia: el costo. Se analizan las alternativas sin el costo. Luego se considera el costo de las dos mejores alternativas: si la mejor alternativa tiene un costo menor a la que le sigue en orden, el problema termina: se elige la primera. Si, al contrario, la mejor alternativa tiene un costo mayor que la segunda, se negocia: se pide un costo menor a la primera. Obtenido un nuevo costo, se hace un juicio final, sin utilizar fórmula alguna.

- El problema de la Escala Substituta es el mismo. En realidad, el valor asignado a cada atributo para cada alternativa bajo la forma de porcentaje, es la escala substituta. Si el atributo 2 "Antecedentes..." de la alternativa A es el 100% del máximo, ese valor "100%" es el valor de la escala substituta. En el caso de dicho atributo, para las alternativas A y B tendremos:

Atributo	Ponderación	A	B
2.Antecedentes en trabajos anteriores	30	100%	66,67%

La escala alternativa es entonces la proporción del puntaje máximo otorgado al atributo. Observe que el método, desarrollado de esta forma, exige que la escala substituta sea racional (los porcentajes se miden en una escala racional).

En este método la escala substituta desaparece de la vista: hay que inferirla. En efecto, lo que aparece es el puntaje (escala substituta multiplicado por la ponderación).

El puntaje final está dado por la multiplicación de la ponderación por el valor correspondiente otorgado a cada atributo. Luego, todo se suma y se cumple así con la fórmula del Método Lineal.

$$V\ (alternativa\ i) = \Sigma j\ V_{ij}\ P_j$$

También se pueden fijar umbrales, tal como lo hemos especificado anteriormente.

Este método tiene una ventaja: permite ser poco precisos, disimula los problemas, perdona las fallas de análisis poco estricto. Pero los problemas están ahí, la situación no cambia. La aparente menor exigencia del Método Reducido puede ser tolerada en ciertas situaciones pero cuando se requiere un análisis estricto y fundamentado, no se diferencia del Método Lineal porque es el Método Lineal. Más aún, si se aplica con todo rigor, exige obligatoriamente una escala substituta racional sin posibilidad de una escala de intervalo.

Aplicaremos, para ejemplificar, el Método Reducido al ejemplo de los Autos Usados.

Autos Usados (Método Reducido)

Atributo	Ponderación (p) *	A	B
1. Precio	33,33	px60% = 19,80	px80% = 26,66
2. Kms.	25.-	px85% = 21,25	px50% = 12,50
3. Año	16,67	px50% = 8,33	px12,5% = 2,08
4. Dueño	8,33	px100% = 8,33	px50% = 4,17
5. Aspecto	16,67	px100% = 16,67	px50% = 8,33
Total	100	7,71	- 24,58

(*) La ponderación se normaliza a 100%.

Los valores de la escala substituta utilizada anteriormente en el punto 12.6., como están medidos en una escala del 0 al 10, se toman como porcentajes de realización de la valoración total (ponderación). El precio de A tenía un valor 6 en su escala substituta 0-10, es decir un 60% que se multiplica por la ponderación (en su nueva expresión) y así para todos los atributos y alternativas. El resultado es el mismo: A es mejor que B. Por supuesto, los números finales V (S_i) no son los mismos porque hemos cambiado el valor de las ponderaciones al normalizarlas pero

ello, como hemos visto, no influye en el resultado: lo que importa en las ponderaciones son sus relaciones y no sus valores absolutos.

Como puede verse, el Método Reducido es el Método Lineal con otra forma de expresión.

El Ejemplo Nº 20 es un caso real de aplicación del Método Reducido. Resulta evidente que los máximos han sido fijados como máximos deseados ya que, salvo en el caso del proponente UTE para el atributo "Canon", ninguna propuesta alcanza el máximo fijado.

El resultado de una primer evaluación (entre paréntesis) fue impugnado lo que dio lugar a una segunda evaluación. El método utilizado fue evidentemente el Lineal Reducido.

Obsérvese cómo la segunda calificación es parecida a la primera. Obsérvese también que en este caso real, no hay atributos negativos

Ejemplo Nº20. La Licitación del Hipódromo de Palermo
(Los números entre paréntesis indican el primer puntaje)

ITEM	%	HIPÓDROMO PALERMO SA	UTE	PALERMO 2000 S.A.	CLUB HÍPICO	HÍPICA PALERMO
Obras y mejoras	35	31,20 (31,85)	27,36 (20,60)	20,63 (27,65)	31,97 (31,85)	27,46 (27,30)
Operatividad hípica	20	16,25 (16,75)	15,50 (13,00)	16,25 (15,00)	9,75 (9,25)	15,00 (15,50)
Canon	10	8,34 (8,34)	10,00 (10,00)	6,77 (6,77)	6,29 (6,29)	7,02 (7,02)
Mantenimiento	10	8,00 (8,00)	8,00 (8,00)	7,50 (7,50)	8,50 (8,50)	4,00 (4,00)
Antecedentes empresariales y técnicos	15	13,50 (13,50)	13,50 (9,50)	12,00 (11,00)	12,50 (10,50)	9,00 (9,00)
Factibilidad económico financiera	10	6,00 (6,00)	5,00 (5,00)	4,00 (4,00)	4,50 (4,50)	4,00 (4,00)
TOTALES	100	84,17 (85,24)	79,36 (72,10)	75,15 (71,92)	73,51 (70,89)	66,48 (66,82)
Clasificación		1°	2°	3°	4°	5°

(Por ejemplo, UTE cumple con el 100% del máximo deseado de "Canon", el 80% del de "Mantenimiento" y el 78,2% de "Obras y Mejoras".

14. LA UNIFICACIÓN DE ATRIBUTOS

Es necesario prestar cuidado cuando se utilizan atributos medibles en forma relativa: pasajeros/kilómetros, costo por viaje,

litros por hora, etc. El problema consiste en definir exactamente cuáles son los atributos a evaluar: si son dos (o más)o es uno solo.

Suponga que se debe elegir entre dos medios de transporte:

Medio	Capacidad pasajeros	Vida útil
A	150	1.000.000 Kms.
B	300	800.000 Kms.

Planteado de esta forma, se trata de dos atributos diferentes que serán evaluados de acuerdo a los criterios del decididor con su debida ponderación.

Pero el problema puede también plantearse considerando un solo atributo: "Capacidad pasajeros/Kms." y tendríamos así, multiplicando pasajeros por kilómetros, que B es más conveniente:

Medio	Pasajeros/Kms
A	150 millones
B	240 millones

El hecho es que no se trata de la misma situación presentada en dos formas diferentes pero de dos situaciones distintas: en el primer caso tenemos dos atributos que pueden ser evaluados y ponderados en forma diferente y son conflictivos; en el segundo caso, tenemos un solo atributo: por lo tanto no hay conflicto (para que haya, deben ser dos por lo menos) y el caso no es de los tratados aquí.

(Por supuesto, un caso real sería mucho más complejo y estos ejemplos dejan un sin fin de preguntas sin contestar, pero aceptémolos para mostrar el problema que queremos exponer)

Supongamos que debemos comprar un artefacto con dos atributos relevantes: costo y vida útil.

Artefacto	**Costo**	**Vida Útil**
A	$ 1.000.000	10 años
B	$ 500.000	7 años
Ponderación	1	2

La vida útil es más importante que el costo.

Supongamos que la transformación a una escala substituta sea la siguiente:

Artefacto	Costo	Vida útil	Valor
A	10	10	-10+(10x2)=10
B	5	7	- 5+(7x2)= 9

El artefacto A aparece como el más conveniente (la mayor duración compensa el mayor costo).

Supongamos ahora que para hacer los cálculos más fáciles decidamos minimizar los costos por año de vida útil (dividimos costo por años: 1.000.000/10 y 500.000/7).

Artefacto	Costo/Año
A	$ 100.000
B	$ 71.430

Es el artefacto B que aparece ahora como elegible. Pero el lector observará que no hemos utilizado la ponderación. Hagámoslo de esta particular forma:

$$A: \frac{\$\ 1.000.000 \times 1}{10 \text{ años} \times 2} = 50.000 \qquad B: \frac{\$\ 500.000 \times 1}{7 \text{ años} \times 2} = 35.715$$

B sigue apareciendo como el mejor. Puede demostrarse finalmente que con cualquier ponderación que se le quiera dar a la "vida útil" (10, 100, 1.000.000 ...) siempre B será el preferido.

Ello se debe simplemente a que un atributo único "costo por año de vida útil" no es lo mismo que dos atributos "costo" y "vida útil". (No es obligatorio que los resultados sean diferentes pero nada garantiza que sean iguales). Por otra parte, al refundir los dos atributos originales en uno solo, ha desaparecido el conflicto de modo que la ponderación no tiene sentido y en los hechos no influye en los cálculos del atributo único. (El ejercicio N° 28 se refiere a la aplicación de estos criterios de definición de atributos al ejemplo de los autos).

15. EXISTENCIA DE RIESGO O INCERTIDUMBRE

Todos los casos expuestos en este capítulo han sido situaciones bajo certeza . En la vida real, son muy comunes ya que se trata en general de decisiones pasivas. Pero, por supuesto,

existen casos de objetivos múltiples sometidos a la influencia del azar. He aquí un ejemplo rudimentario al sólo efecto demostrativo.

Planificar Vacaciones

Es posible que la Corriente del Niño, originada en el Océano Pacífico desencadene fenómenos meteorológicos extraordinarios. Usted debe tomar decisión ahora:

	No hay efecto Niño		Hay efecto Niño	
Veranear en	**Costo**	**Disfrute**	**Costo**	**Disfrute**
1. Caribe	3.000	Bueno	3.000	Mediano
2. Chile	2.000	Excelente	2.000	Muy bajo
3. Uruguay	1.500	Alto	1.500	Bajo
Ponderación	1	3	1	3

Para ello, se resuelve por el Método Lineal el valor V (S_i) de cada alternativa para cada uno de los estados inciertos. Luego este mismo valor es utilizado para resolver la situación de incertidumbre. Este análisis se hará cuando tratemos la decisión bajo incertidumbre.

16. ALGUNOS EJEMPLOS REALES

Ejemplo N° 21: Concurso para Comisiones Médicas para AFJP

La Superintendencia de AFJP fija las siguientes normas para el concurso de médicos para integrar las Comisiones Médicas que colaborarán con las Administraciones de Fondos de Jubilaciones y Pensiones (Boletín Oficial 28/11/94).

Atributos

	Puntaje	Máximo
ANTECEDENTES		
1 Cursos		
1.1. De más de 500 horas		8
* Con título de especialista	1,75 por curso	
* Con título otorgado por sociedades científicas, etc.	1,50 por curso	
* Con evaluación pero sin título de especialista	1,25 por curso	
1.2 Entre 200 y 499 horas	1,00 por curso	
1.3 Entre 100 y 199 horas	0,75 por curso	
1.4 Entre 50 y 99 horas	0,50 por curso	
1.5 Congresos, Jornadas, etc.	0,20 cada uno	

1.6	No incluídos en los anteriores	0,10 cada uno	
2.	Trabajos científicos		
	* Trabajos de aporte	2,00 cada uno	
	* Monografías	0,50 cada uno	
	* Libros publicados (se reduce a la mitad cuando son en colaboración)	Máximo 2 cada uno	
3	Premios y Becas		4
3.1	Premios otorgados por:		
	* Universidades	1,50 por premio	
	* Sociedades científicas	1,00 por premio	
	* No incluídos en lo anterior	0,50 por premio	
3.2	Becas otorgadas por:		
	* Universidades		
	- más de 6 meses	3,00 por beca	
	- menos de 6 meses	1,50 por beca	
	* Otras	0,20 por beca	
4.	Cargos		10
	* En organismos previsionales nacionales	Máximo 10	
	* En organismos provinciales/ municipales	Máximo 5	
	* Conducción titular, según nivel	Máximo 6	
	* Conducción interina	Máximo 2	
	* Ejecución titular, según antigüedad	Máximo 2	
5.	Títulos		8
	* Especialista universitario	1,00	
	* Especialista otorgado por Sociedades Científicas, Colegios Profesionales, etc. Curso de más de 500 horas	0,75	
	* Especialista otorgado por Colegios Profesionales, sin concurso previo	0,50	
	* Doctorado Universitario	0,25	

6.	Actividad	10
6.1.	Actividad Técnica Profesional	
	* Presidente de Sociedades Científicas	Máximo 1,50
	* Secretario de Sociedades Científicas	Máximo 1
	* Miembro de Sociedades Científicas	Máximo 0,30
	* Presidente de Congresos Científicos	Maximo 1,25
	* Secretario de Congresos Científicos	Máximo 0,75
	* Miembro de Congresos Científicos	Máximo 0,50
	* Relator Oficial en Congresos Científicos	Máximo 0,60
	* Correlator en Congresos Científicos	Máximo 0,30
	* Presidente o Coordinador de Mesas Redondas o Paneles	Máximo 0,50
	* Integrante de Mesas Redondas o Paneles	Máximo 0,20
6.2.	Actividad en entidades gremiales reconocidas	
	* Presidente	1,50
	* Otra Membresia	1,00
7.	Antecedentes docentes y universitarios	4
7.1.	Docencia universitaria	
	* Profesor Titular	4
	* Profesor Adjunto	2
	* Docente Autorizado	1,50
	* Docente Adscripto	1
	* Docente libre	0,50
	* Jefe de Trabajos Prácticos	0,50
	* Ayudante	0,25
	Estos rubros son excluyentes: sólo se computa el de mayor nivel	
7.2	Docencia no universitaria	
7.2.1.	Director, coordinador, secretario	
	* Más de 500 horas	Máximo 2
	* 200-499 horas	Máximo 1
	* 50-199 horas	Máximo 0,50
	* Menor de 50 horas	Máximo 0,15
7.2.2	Disertantes	En total 0,10
	Sub total máximo	56

ENTREVISTA	50
TOTAL MÁXIMO	106

(Obsérvese que la suma de los puntos no es 100. Ello puede ser debido a error de impresión en el Boletín Oficial, fuente del ejemplo, o simplemente porque así lo decidieron los autores del Concurso. Ello no es óbice para la validez del Método Lineal).

Ver Ejercicio N° 21.

Ejemplo N°22. Concurso Perito contador

Por Resolución 261/94, del 31/10/94, Boletín Oficial del4/11/94, la Corte Suprema de Justicia de la Nación llama a Concurso de antecedentes y oposición para cubrir un cargo de Perito Contador en el Cuerpo de Peritos Contadores Oficiales. Se fijan las siguientes normas de valoración de los antecedentes curriculares, entrevista personal y prueba de oposición.

Antecedentes	**Hasta un máximo de puntos**	
1. Antigüedad (1 por año hasta máximo)	10 (1)	
2. Actuación pericial	8	
3. Docencia universitaria	17 (2)	
4. Cursos de Post-grado	5	
5. Congresos, etc.	5	
6. Otros antecedentes	5	50
Entrevista		5
Oposición		45
Total		100

(1) 1 por año hasta un máximo de 10
(2) (2) Profesor Titular hasta un máximo de 6; profesor asociado, idem 5; adjunto, idem 4; ayudante, idem 2. La suma máxima es 17.

Ver Ejercicio N°17

Ejemplo N°23. Concurso Peritos Caligrafo

Por Resolución 260/94, Boletín Oficial del 4/11/94, la Corte Suprema de Justicia llama a Concurso para el cargo de dos PERITOS CALÍGRAFOS, fijándose las siguientes normas de valoración.

Antecedentes	Puntaje	Hasta un Máximo de Puntos
- Antigüedad profesional	0,25 por año	10
- Actuación como perito de oficio	0,50 por año	10
- Actuación de calígrafo oficial en tribunales provinciales	1 por año	10
- Actuación en cargos rentados en instituciones públicas o privadas	0,50 por año	6
- Trabajos Científicos	0,50 por trabajo	4
- Cursos específicos	0,25 por curso	4
- Actuación docente:		
* Profesor Titular	0,25 por año	6
* Profesor adjunto: 50% del titular		
* Ayudante: 25% del titular		
SUB TOTAL MÁXIMO		50
Entrevista Personal		5
Prueba de oposición		45
TOTAL MÁXIMO		100

Ver Ejercicio N° 18

Ejemplo N°24. Licitación DNI

En Enero 1998, se licitó la impresión de los Documentos Nacionales de Identidad (DNI), de los padrones electorales y el diseño de un sistema de control de personas a través de las fronteras. Esta discutida licitación puede generar un ingreso de $1.000 Millones al ganador. De acuerdo a la información periodística los atributos tenidos en cuenta para otorgar el negocio son los siguientes:

Atributos	Ponderación	Valor Siemens	Valor Itron
Gerencia	15	8,91	8,55
Capacidad técnica	60	9,19	8,08
Precio	25	9,28	8,21
	100	27,38	24,84

En la decisión final, quedaron dos consorcios encabezados por Siemens (Alemania) e Itron (Argentina) que obtubvieron los puntajes anotados más arriba.

Los atributos divulgados son el resumen, en realidad, de numerosas variables cuyas ponderaciones y valoraciones se desconocen a nivel información pública. Obsérvese que el atributo "Precio" está sumado.

ANEXO

Capítulo I

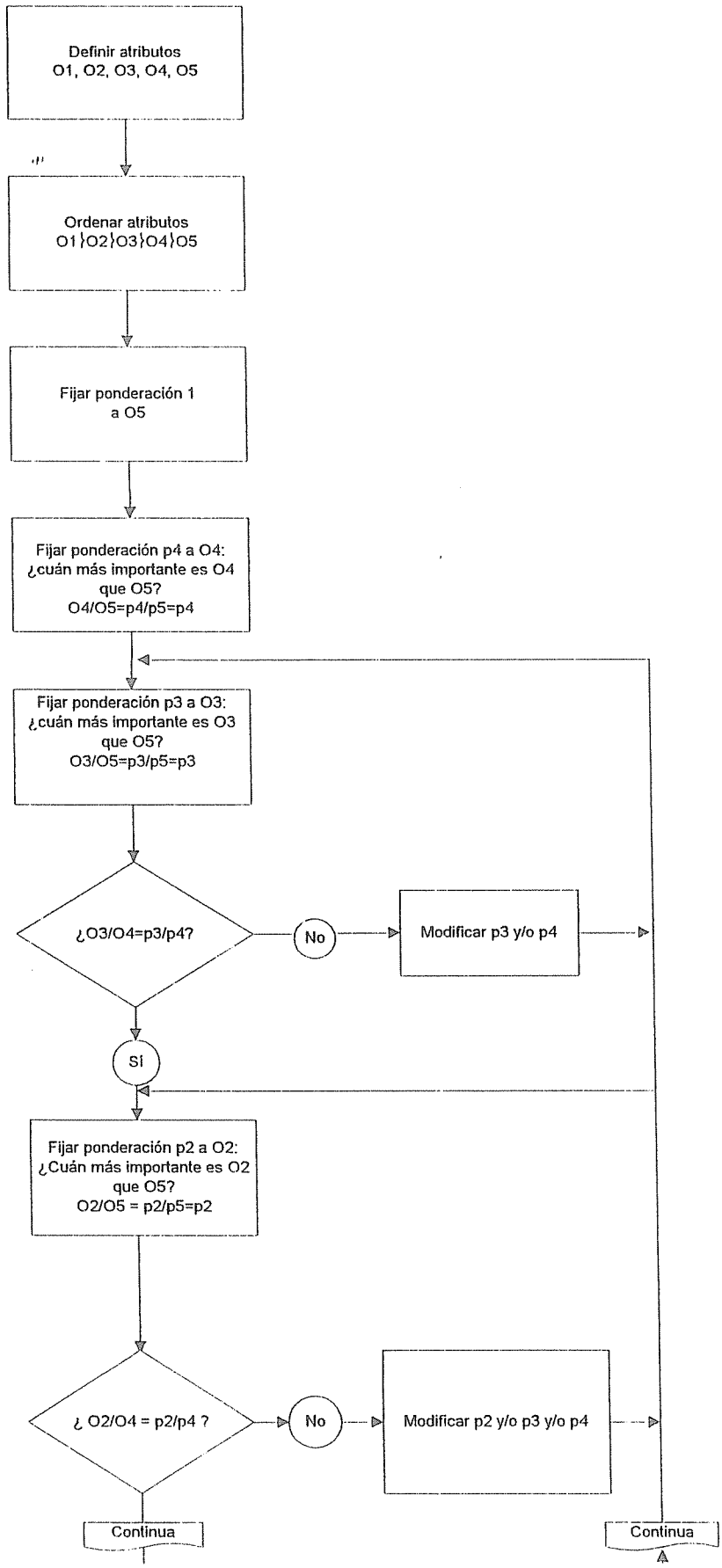
EL MÉTODO SIMPLE PARA CONTROLAR PONDERACIONES

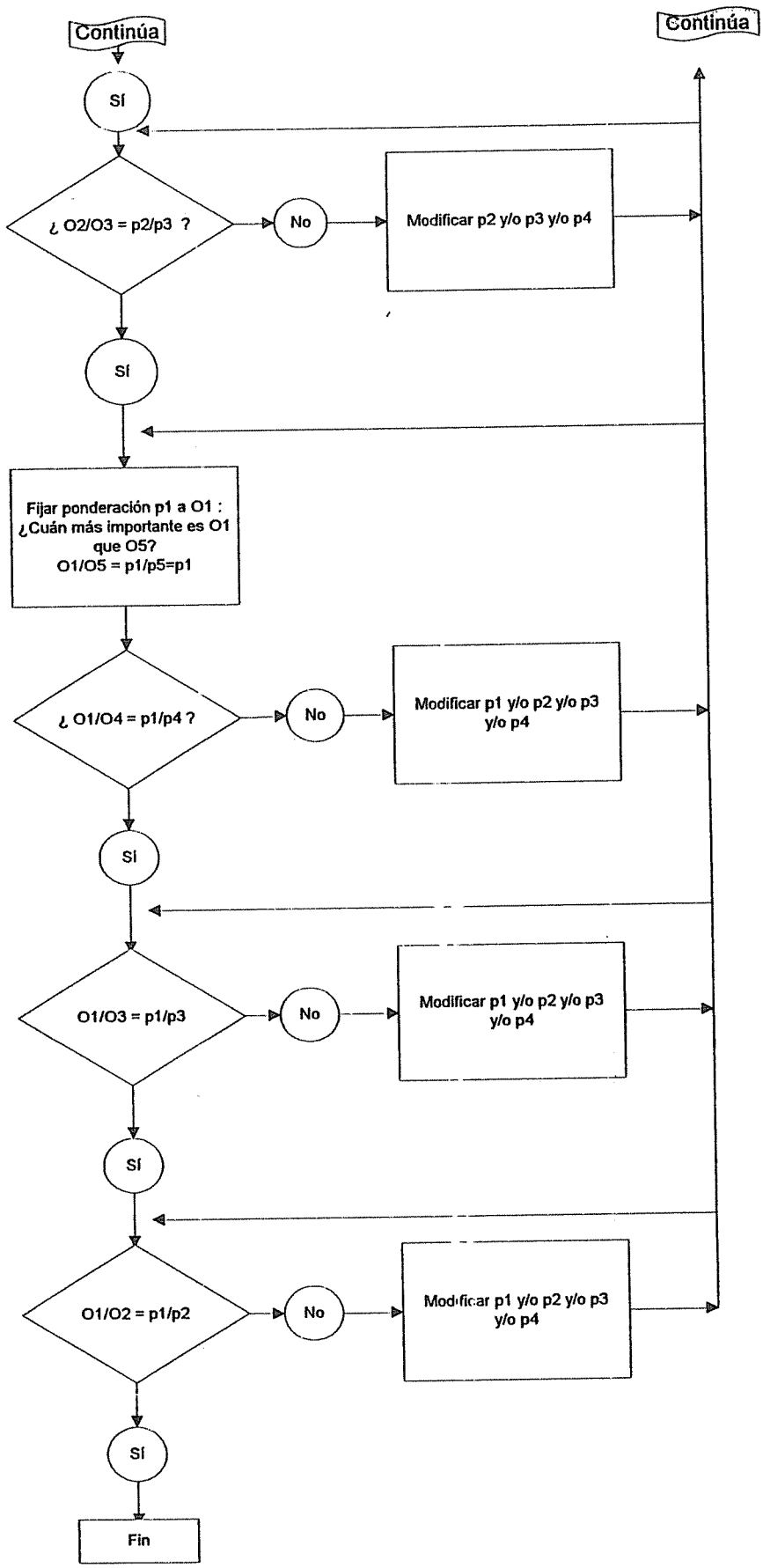
OBSERVACIONES IMPORTANTES

1. La expresión "Oi/Oj" no debe ser leída como una división: los objetivos se expresan en lenguaje natural y no se dividen frases. Esa expresión debe ser leída como "¿Cuán más importante es Oi que Oj?". Se pasa así del lenguaje natural, de una apreciación subjetiva, a una medición. Si Oi es 2 veces más importante que Oj y la ponderación de Oj, Pj = 1,5 entonces la ponderación de Oi, Pi = 3.

2. Las modificaciones a introducir - en caso que las ponderaciones establecidas no representen las relaciones del último objetivo evaluado con los anteriores - deben comenzar con dicha evaluación. Se irá retrocediendo hacia los objetivos anteriores, comenzando por el más próximo, sólo si es realmente necesario para evitar el recomenzar la evaluación de las ponderaciones desde el principio. Si la evaluación está hecha con la debida reflexión, las modificaciones extendidas deberían ser escasas y el método debe resultar menos complejo que lo que aparece en el diagrama completo.

CAPITULO I: EL METODO SIMPLE PARA CONTROLAR PONDERACIONES




Continúa
Continúa
Sí
¿ O2/O3 = p2/p3 ?
No
Modificar p2 y/o p3 y/o p4
Sí
Fijar ponderación p1 a O1 :
¿Cuán más importante es O1
que O5?
O1/O5 = p1/p5=p1
¿ O1/O4 = p1/p4 ?
No
Modificar p1 y/o p2 y/o p3
y/o p4
Sí
O1/O3 = p1/p3
No
Modificar p1 y/o p2 y/o p3
y/o p4
Sí
O1/O2 = p1/p2
No
Modificar p1 y/o p2 y/o p3
y/o p4
Sí
Fin

Capítulo II

EL MÉTODO DE VALIDACIÓN DE LAS PONDERACIONES DE CHURCHMAN

Este método ha sido expuesto en el libro de Churchman, Ackoff y Arnoff "Introduction to Operations Research", Wiley, New York, 1957 y es comúnmente llamado "Método de Churchman". En las cuatro décadas posteriores, han aparecido otros procedimientos para validar la coherencia de las ponderaciones establecidas subjetivamente. Pero creemos que este método sigue siendo la base de todos los demás. La forma de encarar el problema de la validación es clásica. Este método es más complejo que el expuesto en el Capítulo I (si bien tienen rasgos comunes) y creemos que el Método Directo es el más práctico y no tiene una falla lógica que exhibe el Método de Churchman. De todos modos, el Método de Churchman no puede ser desconocido.

Es importante destacar que el Método de Churchman es complementario del Método Directo, ya que se basa en otros principios, los que se discutirán luego.

El procedimiento, lo mismo que el expuesto precedentemente, consiste en ordenar los objetivos por importancia, asignarles una ponderación que revele la relación de dicha importancia y luego controlar si esa relación resiste un análisis más complejo. En síntesis, el Método de Churchman consiste en lo siguiente:

1. Se ordenan los atributos por orden de importancia.

1) Se le fija una ponderación provisoria, comenzando por 1 (uno) para el más importante (al revés del Método Directo, en el cual se fijaba 1 (uno) para el menos importante). Las ponderaciones de los otros atributos tendrán ponderaciones provisorias menores a 1: lo importante es que la importancia relativa de las ponderaciones sea reflejada por las relaciones entre las ponderaciones provisorias.

3. Se compara la obtención del objetivo más importante contra la obtención de todos los demás objetivos y se fija la preferencia del decididor entre esos dos grupos. La suma de las ponderaciones debe reflejar esa preferencia. Si la obtención del objetivo más importante es preferida a la obtención de todos los demás objetivos, entonces la suma de las ponderaciones de todos los demás objetivos debe ser menor a la ponderación del objetivo más importante. Si no resultara así, hay que modificar la ponderación del objetivo más importante hasta que sea mayor que la suma de todos los demás objetivos.

4. Supongamos que la obtención del objetivo más importante sea preferida a la obtención de todos los demás objetivos y que se modificó, si fuese necesario, la ponderación del objetivo más importante para que sea superior a la suma de las ponderaciones de los demás objetivos.

Se compara ahora la obtención del segundo atributo más importante con la obtención de todos los demás objetivos. Supongamos que la obtención del segundo objetivo más importante sea preferida a la obtención de todos los demás objetivos: la suma de las ponderaciones de éstos debe ser inferior a la ponderación del segundo objetivo más importante. Si no fuese así, hay que modificar esta última ponderación, manteniendo las demás iguales. Hay que tener cuidado que esta modificación no cambie a su vez la relación establecida en el punto 3: si fuese así, hay que modificar la ponderación del primer objetivo.

5. En el supuesto del punto anterior (la obtención del atributo más importante es preferida a la obtención de todos los demás), se compara ahora la obtención del tercer atributo en importancia con la obtención de todos los demás y se procede de la misma forma, modificando las ponderaciones provisorias de los atributos más importantes. Se llega así a la comparación del antepenúltimo atributo en importancia con los dos últimos: no es necesario ir más adelante ya que, por lo establecido en el punto 1., el penúltimo atributo es más importante que el último.

6. Pero hasta ahora, hemos considerado el caso en que la obtención del atributo más importante es preferida a la obtención de todos los demás atributos. ¿Qué pasa cuando la preferencia es al revés, cuando la obtención de todos los demás atributos es preferida a la obtención del atributo más importante?

Se compara entonces la obtención del atributo más importante con la obtención de todos los demás atributos menos el último. Si la suma de las ponderaciones no refleja esta preferencia, se modifica la ponderación del atributo más importante de modo que resulte menor a la suma de las demás ponderaciones menos la última.

Se continúa ahora del mismo modo, comparando el atributo más importante con todos los demás menos los dos últimos y se procede a la modificación de las ponderaciones.

Si la obtención de todos los demás atributos menos los dos últimos, los tres últimos, etc. sigue siendo preferida a la obtención del más importante, se continúa comparando éste con los otros, eliminando progresivamente los últimos atributos.

Cuando la obtención del atributo más importante vuelve a ser preferida a la de todos los demás menos los que se fueron eliminando de la comparación -y también cuando se llega a comparar el atributo más importante con los dos siguientes- se vuelve al

procedimiento de los puntos 4 y 5. Cuando se revierte la preferencia, es decir que la totalidad de los atributos restantes es preferida el atributo más importante en consideración, se vuelve al procedimiento del punto 6.

He aquí un ejemplo para 5 atributos ($\rangle$ significa "preferido a" y + significa "agregada").

1. Ordenar atributos:

$$O_1 \rangle O_2 \rangle O_3 \rangle O_4 \rangle O_5$$

2. Fijar ponderaciones provisorias:

$$\rho_1 = 1;\ \rho_2 = 0,8;\ \rho_3 = 0,6;\ \rho_4 = 0,3;\ \rho_5 = 0,1;$$

3. Comparar obtención de O_1 con obtención de todos los otros

$$O_1 \rangle [O_2 + O_3 + O_4 + O_5]$$

4. ¿Las ponderaciones concuerdan con estas preferencias?. NO.

$$1 < 0,8 + 0,6 + 0,3 + 0,1 = 1,8$$

5. Por lo tanto, se modifica ρ_1 y se le da valor 2 (Deberá cuidarse de que se mantengan las relaciones de importancia entre los atributos).

6. Comparar obtención de O_2 con obtención de todos los demás atributos.

$$O_2 \langle [O_3 + O_4 + O_5]$$

7. ¿Las ponderaciones concuerdan con esta preferencia? Si

$$0,8 < 0,6 + 0,3 + 0,1 = 1$$

8. Comparar la obtención de O_2 con la obtención de los demás atributos menos el último

$$O_2 \langle O_3 + O_4$$

9. ¿Las ponderaciones concuerdan con esta preferencia? Si

$$0,8 < 0,6 + 0,3 = 0,9$$

10. Este tramo de comparaciones ha terminado ya que comparar O_2 con O_3 ya ha sido efectuado en el paso 1. Se sigue ahora

con O_3, a partir del paso 6.

Comparar la obtención de O_3 con la obtención de todos los demás atributos

$$O_3 \succ O_4 + O_5$$

11. ¿Las ponderaciones concuerdan con esta preferencia? Si

$$0,6 > 0,3 + 0,1$$

12. El proceso se detiene ya que la comparación de O_4 y O_5 ya se hizo en el paso 1.

13. Las ponderaciones resultantes son:

$$P_1 = 2;\ P_2 = 0,8;\ P_3 = 0,6;\ P_4 = 0,3;\ P_5 = 0,1$$

14. En caso de la comparación de obtención de atributos arroje indiferencia, se continúa como si el atributo más importante fuese el preferido.

Observaciones al Método de Churchman

Este Método merece observaciones teóricas y prácticas. Al ser las ponderaciones medidas en una escala proporcional, en lugar de verificar las proporciones, operaciones permitidas por dicha escala, verifica las sumas de las mismas en una extraña adaptación del Axioma de Aditividad (ver Iª Parte, punto 9.2.).

Hagamos una analogía con la "dimensión" (analogía que también utiliza Churchman). Supongamos que tenemos tres trozos de madera, con forma de paralepípedos, siendo los tres de distinto largo, lo que puede expresarse a través de una relación binaria > que se lee "más largo que", que es una relación de orden estricto completo, igual que la relación "$\succ$" que se lee "preferido a".

Si el trozo mayor es más grande que la unión (concatenación, ver el capítulo "La Medición del Universo") de los otros dos, su medida de longitud también debe ser más grande que la suma de las longitudes de los otros dos. Al revés, si la longitud del trozo más largo es menor que la longitud de la concatenación de los otros dos, la medida de su longitud debe ser menor que la suma de las medidas de las longitudes de los otros dos trozos. Esto parece evidente pero obsérvese que estamos respetando estrictamente la separación del hecho físico ("más largo") del hecho numérico ("mayor medida"), aspecto sobre el cual se ha insistido al hablar de medición. Esta exigencia es compatible con la escala racional sobre la cual se miden la longitud (y las ponderaciones).

Pero Churchman va más allá. Si tenemos tres varas rígidas que miden 2,50 metros, 2 metros y 1 metro respectivamente, la primera es la más larga pero no es más larga que la suma de las otras dos y eso no viola la realidad. Sin embargo Churchman le exige a las ponderaciones que cumplan el requerimiento que el trozo más largo sea más largo que la suma de los otros dos.

Al trasladar, por analogía, este requerimiento a las ponderaciones, Churchman exige más que lo que realmente se requiere. Pero el problema no reside en la mayor exigencia, sino en que ésta resulta arbitraria e infundada. Ello es debido a que la característica fundamental de la ponderación reside en las relaciones existentes entre ellas (que deben ser invariantes) y no en sus sumas que no tienen nada que ver con el fundamento de las ponderaciones, que es la tangente de las curvas de indiferencia (quizás el lector le haya parecido aburrido e inútil la larga exposición que hemos efectuado acerca de las curvas de indiferencia pero es gracias a este conocimiento de los fundamentos que podemos reconocer los errores deslizados en métodos más o menos improvisados).

Como veremos, Churchman exige de las ponderaciones una relación arbitraria que distorsiona la definición de las mismas.

$$a > b > c$$

Imagine también que b tiene un largo equivalente a n veces el largo de c, para $1 < n < \infty$, o sea

$$b = nc$$

Imagine que a tiene un largo equivalente a m veces el largo de b, para $1 < m < \infty$, o sea

$$a = mb = mnc$$

Por lo tanto:

$$mnc > nc > c$$

Churchman exige que:

$$mnc > nc + c = c\ (1+n)$$

De donde:

$$mn > 1+n$$

$$m > 1 + \frac{1}{n}$$

Por lo tanto, el Método de Churchman requiere que la relación

entre el largo (ponderación) de **a** y **b** sea mayor que uno más la inversa de la relación entre **b** y **c**. ¿Por qué? **a** puede ser objetivamente más largo que **b** y **c** sin que se cumpla esa condición. Las ponderaciones (esta vez en lugar de la medición del largo) revelan las importancias relativas que el decididor asigna a los atributos y nada obliga al decididor a que tenga preferencias que se atengan a requerimientos como el mencionado.

Por ejemplo, si se fija para los atributos O_1, O_2, O_3 las siguientes ponderaciones:

$$P_1 = 2,5 \qquad P_2 = 2 \qquad P_3 = 1$$

el decididor deberá modificar esas ponderaciones, aún cuando reflejen su más profunda y reflexiva creencia, si cree que la obtención de O_1 solo es más importante que la obtención de O_2 y O_3 juntos, pero no deberá modificarlas si $P_1 = 3$. En efecto:

$$m = 1,25 < 1 + \frac{1}{n} = 1 + ½$$

pero si $P_1 = 3$, entonces $m = 1,5$ y no debe modificar sus ponderaciones.

La exigencia que la ponderación del atributo más importante sea superior a la suma de la ponderación de los demás atributos si es que se prefiere la obtención del primero a la obtención de todos los demás es una exigencia muy fuerte, que no es requerida por la escala racional con la cual se mide las ponderaciones. Por supuesto, un criterio de decisión puede exhibir las exigencias que sus sostenedores crean convenientes pero las mismas deben ser fundamentadas. No lo hace Churchman, dando por sentado que el requerimiento analizado satisface el sentido común. No es así, lo que no es suficiente para invalidar totalmente el Método de Churchman.

Capítulo III

MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA ESTABLECER PONDERACIONES

No es fácil establecer ponderaciones de las cuales estamos convencidos que representen la importancia de cada objetivo (atributo) y la relación entre esa importancia. Debe ser por ellos que han nacido varios métodos que adolecen de graves fallas porque tratan de reemplazar la reflexión por mecanismos arbitrarios.

1. MÉTODOS BASADOS SOBRE EL ORDEN DE PREFERENCIA DE LOS OBJETIVOS

- Suma de rangos

Se ordenan los objetivos por orden de importancia, de mayor a menor:

$$O_1 \rangle O_2 \rangle\text{-------}\rangle O_n$$

Se le da un número de orden (V_i) inverso: el número 1 corresponde a O_n, el número 2 a O_{n-1} y el número n a O_1.

Se divide cada número de orden por la suma de los mismos. El resultado de esa división da la ponderación.

Supongamos una situación de 4 atributos. El menos importante tendrá una ponderación de 1/ (1+2+3+4) = 0,10, el más importante de 4/ (1+2+3+4) = 0,40 y el tercero, por ejemplo, 2/ (1+2+3+4) = 0,20.

- Recíproca de los rangos (RR)

Se ordenan los objetivos de mayor a menor por orden de importancia pero esta vez el número de orden V_i comienza en 1 para el más preferido y termina en n para el menos preferido. Se obtiene la ponderación P_{ij} dividiendo la recíproca del orden V_i de un atributo por la suma de los recíprocos de todos los órdenes.

Por ejemplo, el tercer atributo tiene una ponderación de:

$$(1/3) / (1 + 1/2 + 1/3 + 1/4) = 0,16.$$

- Orden de rango centrado (Rank orden centroid, ROC)

El método es más complicado pero, finalmente, la fórmula final es:

$$P_i\ (ROC) = \frac{1}{n} \sum_{i}^{n} \frac{1}{j}$$

El resultado de los tres métodos para cuatro atributos es:

Ponderación	RS	RR	ROC
P_1	0,4	0,48	0,5208
P_2	0,3	0,24	0,2708
P_3	0,2	0,16	0,1458
P_4	0,1	0,12	0,0625

Por supuesto, las ponderaciones son todas diferentes pero ello es debido al método de cálculo basado sobre el orden y no a la fuerza de las preferencias del decididor.

Como puede verse, se multiplican y dividen números ordinales. Pero esto no es lo peor. Observe la tabla anterior y piénselo. Por supuesto, ¡se ha dado cuenta! No importa cuál es el problema, cuáles son los objetivos, la intensidad de las preferencias del decididor: las ponderaciones serán siempre las mismas para el mismo número de objetivos. Las ponderaciones dependen únicamente del número de objetivos, con absoluta prescindencia de cualquier otro elemento de mayor importancia. Para esto, cabe preguntarse si no es mejor no utilizar ponderación alguna, es decir considerar que los atributos u objetivos son todos igualmente importantes.

Además, las ponderaciones no mantienen las mismas relaciones de importancia entre los objetivos. Por ejemplo, la relación entre la importancia de O_2 y de O_4 es para

RS = 3 RR = 2 ROC = 4,33

Una vez más, esto no depende del criterio del decididor pero de un método arbitrario.

Un artículo reciente, publicado en una revista de gran prestigio internacional compara los resultados de los tres métodos con las ponderaciones verdaderas. El cálculo de estas supuestas ponderaciones verdaderas es más complejo pero, sintéticamente, se obtiene al azar del conjunto de ponderaciones posibles que cumplen $P_1 > P_2 > \ldots P_n$ y $\sum^{n}_{i} P_i = 1$. Esto es quizás el mayor de los horrores expuestos en ese trabajo. Porque las ponderaciones

verdaderas son las establecidas por el decididor, son las que constituyen su particular, única y propia Tasa de Substitución de un objetivo por otro. Los autores del artículo mencionado, seguramente sin percatarse de ello, asumen que las ponderaciones son objetos, conceptos objetivos, insertos en el mundo real, fuera del sujeto, independiente del decididor. Están *ahí-afuera* esperando blandamente que esforzados investigadores las encuentren.

En el texto principal, hemos sostenido que no es así. Cada decididor tiene su propia Tasa de Substitución y es a través de un proceso cultural que puede operarse cierta aproximación entre decididores, en ambientes específicos, altamente especializados.

2. MÉTODOS BASADOS SOBRE LA FRECUENCIA DE LA IMPORTANCIA.

El principal representante de esos métodos es el de comparaciones por pares. Se lo ha incluido en el Ejercicio N°30 donde se podrá ver un ejemplo de su aplicación.

Se comparan todos los atributos de dos en dos y se computa cuantas veces cada atributo es preferido a los otros. La frecuencia de esa preferencia es la ponderación. Por supuesto el objetivo menos preferido tiene ponderaciones cero y desaparece aún cuando sea importante (aún cuando lo sea menos que los otros), un peligro muy común es que se produzcan intransitividades en el orden de preferencia (veáse Ejercicio N°31).

Existen otros métodos que adolecen de distintos defectos. En el Ejercicio N°32 se explicita uno expuesto por Yoon y Hwang (1995) y basado sobre el sofisticado enfoque de Saaty, llamado "Análisis Jerárquico".

CAPÍTULO IV

PROBLEMAS DE MEDICIÓN DE LAS ESCALAS SUBSTITUTAS

1. EL PROBLEMA DE CAMBIO DE ESCALA

En primer lugar, analícemos esta duda que puede plantearse todo lector atento: se nos propone indistintamente escalas substitutas con distintos máximos y mínimos como, por ejemplo, 1-5 y 0-10 (ambas escalas se utilizaron para la solución de los problemas de los Autos Usados y del Relais). ¿Estamos seguros que estas escalas son equivalentes? ¿Qué el pasar de una a otra no introduce distorsiones en el análisis que pueden llevar a modificar la elección?

Como se recordará (ver "La Medición del Universo"), la Teoría de la Medición trata de desarrollar Teoremas de Invarianza por los cuales se demuestra que transformaciones pueden aplicarse a una escala sin que la nueva escala pierda las cualidades de representación de la realidad que tenía la original. Hemos visto también que, en las escalas de invervalo -como son por lo menos las escalas substitutas utilizadas en el Método Lineal- toda transformación hasta (*up to*) una función lineal mantiene la invarianza de la escala.

Ello sucede en las escalas mencionadas. Denominemos $\underline{\alpha}$ una medida en una escala substituta 0-10 y $\underline{\alpha'}$ una medida en una escala 1-5. Veremos que:

$$\alpha' = 0,4\ \alpha + 1$$

cumpliéndose el requisito de una transformación lineal del tipo $ax + b$ con $a \neq 0$. Por ejemplo, una medición 6 en la escala 0-10 se transforma en una medición 3,4 en una escala 1-5.

Por supuesto, la transformación inversa (de una escala 1-5 a una escala 0-10) es válida:

$$\alpha' = 2,5\ \alpha - 2,5$$

Por ejemplo, una medición 2 en la escala 1-5 se transforma en 2,5 en una escala 0-10 (Así aparece en el cuadro de la página 29).

2. EL PROBLEMA DE LA LEGITIMIDAD DE LOS CÁLCULOS

Otra duda, más compleja, podría ser la siguiente: "una escala de intervalo es ordinal en cuanto a las mediciones pero proporcional en cuanto a los intervalos (iguales). Si multiplicamos una medición por la ponderación, ¿no estamos violando la ilegitimidad de operaciones de este tipo con las escalas ordinales?"

En otras palabras, si no es legítimo multiplicar por, digamos, 2 el número del año calendario corriente, digamos 1998, en el sentido que el producto no tiene sentido, no tiene correlato físico y viola los axiomas subyacentes a una escala ordinal, ¿por qué sería legítimo multiplicar una medida en una escala de intervalo substituta, digamos 5, por una ponderación, determinada en una escala racional, digamos 2?

En primer lugar, si bien la observación es atinada, debemos tener cuidado en decir que en una escala de intervalo las mediciones se encuentran en una escala ordinal y los intervalos en una escala proporcional. Se trata de un recurso pedagógico, para transmitir una noción más precisa de la naturaleza de las escalas de intervalo. En realidad, estas escalas son de una única naturaleza, forman un todo único y su subdivisión puede traer, es verdad, mejor comprensión pero a su vez razonamientos erróneos.

En segundo lugar, en las escalas de intervalo más conocidas (tiempo, temperatura) se parte de un origen cero, arbitrario, fijado por la cultura o la tecnología pero no por la naturaleza. D este modo, cuando hablamos del año 1998, el número "*1998*" tiene dos sentidos o funciones:

- Una medición
- El recuento del número de intervalos (iguales y arbitrarios) existentes desde el momento arbitrario cero.

Si alguien nació en 1950, tendrá hoy 1998-1950=48 años (intervalos). Si se proyecta en el futuro el tiempo transcurrido desde el (supuesto) nacimiento de Jesús de Nazareth, llegaremos al año 1998x2= 3.996 es decir a 3.996 años (intervalos) transcurridos.

Cuando se parte de un origen que no es cero sino 1 (uno) como lo hemos hecho, la medida ya no cumple la segunda función de contar los intervalos. Por ejemplo, en una escala 1-5, la medida 5 no representa el número de intervalos que son 4. La operación legítima debería ser con los intervalos y no con las mediciones.

De modo que multiplicar la medida 5 por una ponderación de, digamos 2, merece que nos preguntemos si no es ilegítimo.

En realidad no lo es. En efecto, si consideramos que la escala legítima es la de los intervalos (para una escala 1-5, la escala legítima sería 0-4), cualquier escala obtenida a través de una transformación lineal de esta escala legítima también lo será por el Teorema de Invarianza de las escalas de intervalo.

En efecto si $\underline{\alpha'}$ representa una medición sobre la escala 0-4 y $\underline{\alpha}$ sobre una escala 1-5, deberemos demostrar que:

$$\alpha' = \alpha x+b \text{ para } a \neq 0$$

lo que es muy fácil ya que:

$$\alpha' = \alpha-1 \ (a = 1)$$

Podríamos agregar más demostraciones pero éstas serían, finalmente, redundantes ya que serían variaciones del Teorema de Invarianza de las escalas de intervalo.

EJERCICIOS

(La numeración continúa la de la Parte I)

15. Carta de B. Franklin a su amigo Joseph Priestly

Londres, Septiembre 19, 1772.

Estimado Señor:

Acerca del problema, tan importante para Ud., sobre el que me pidió opinión, no puedo, por carecer de suficiente información, aconsejarle qué hacer, pero, si lo desea, le diré cómo. Cuando suceden estas cosas difíciles, ellas son difíciles, principalmente porque mientras las estamos considerando, todas las razones a favor y en contra no están presentes en la mente al mismo tiempo; sino que a veces se presenta un grupo de ellas, y en otros momentos otro, perdiendo de vista el primero. De ahí los varios propósitos o inclinaciones que prevalecen alternativamente, y la incertidumbre que nos deja perplejos. Para resolver esto, mi método es dividir una hoja de papel en dos columnas, mediante una línea; escribiendo arriba de la primera **pro** *y de la segunda* **contra**. *Luego, durante tres o cuatro días de consideraciones, coloco bajo los diferentes encabezamientos breves indicaciones de los diferentes motivos que en diferentes momentos se me ocurren, a favor o en contra de la medida. Cuando tengo a la vista a todos ellos juntos, intento estimar sus respectivos pesos; y donde encuentro dos, uno de cada lado, que parecen iguales, tacho ambos. Si encuentro una razón* **pro** *igual a dos razones* **contra**, *tacho las tres. Si juzgo que dos razones* **contra** *son iguales a tres razones pro, tacho las cinco; procediendo así llego a una altura en que el balance termina; y si, después de un día o dos de mayores consideraciones, nada nuevo de importancia ocurre en cualquiera de los dos sentidos, llego a una determinación acorde. Y, a pesar de que el peso de las razones no puede tomarse con la precisión de cantidades algebraicas, ya cuando cada una es considerada de este modo, separada y comparativamente, y el todo está frente a mí, creo que puedo juzgar mejor, y estoy menos expuesto a dar un paso precipitado, y efectivamente he hallado grandes ventajas en este tipo de ecuación, que podría llamarse* **álgebra moral o prudencial**.

Deseando sinceramente que Ud. pueda determinar lo mejor, soy siempre, mi querido amigo, suyo con el mayor afecto.

Benjamín Franklin

- Esta carta escrita hace más de dos siglos ofrece una metodología para tratar una situación con objetivos en conflicto. Compárela con el Método Lineal y exprese su opinión acerca de lo aconsejado por Franklin.

- Analice la particular explicación que Franklin da de la indecisión.

16. En el Ejemplo del punto 11.3. (3) con cinco objetivos ¿cuántas comparaciones de las respectivas ponderaciones es necesario hacer para asegurarnos de la coherencia de dichas penderaciones? Obtenga la fórmula.

17. Dado el Ejemplo N°22 (Concurso de Perito Contador), el puntaje máximo allí fijado:

a) ¿Es una ponderación, de acuerdo al método simplificado?
b) ¿Es simplemente una valoración máxima sobre una escala arbitraria, teniendo todos los atributos la misma ponderación?
c) ¿Un método intermedio? ¿Un método distinto a los expuestos en el texto?

¿Qué criterios puede utilizar el evaluador para dar valoración a los antecedentes numerados del 2 al 6?

Compare el puntaje de la "entrevista" en los Ejemplos N°22 y N°23 con el del Ejemplo N°21.

18. Dado el Ejemplo N°23 (Concurso de Perito Calígrafo) conteste las mismas preguntas a), b) y c) del Ejercicio 17.

¿Sobre qué escala de medición son evaluados los antecedentes?.

Además, anote las diferencias de metodología y de puntaje, ambos en el caso de Antecedentes. Comente y evalúe sus consecuencias.

19. Dado el Ejemplo N° 16 (Calificación de funcionarios públicos):

a) Ordene los atributos enunciados allí por orden de importancia, de acuerdo a su criterio.

b) Atribuya ponderaciones a su criterio.

c) ¿Qué piensa de la limitación del número de funcionarios que, con la clasificación final, pueden tener la misma calificación. (El argumento es el siguiente: en una misma dependencia, no pueden ser todos sobresalientes o todos ineptos. Se recurre entonces teóricamente, por lo menos, al supuesto que la calidad de los funcionarios - que la calificación pretende representar - está distribuida de acuerdo a una distribución normal (de Gauss). Pero también existen límites presupuestarios ya que una alta calificación debería conducir a mejores sueldos o a mayor estabilidad.

20. Dado el Ejemplo N°17:

a) ¿Existe un orden único de importancia de los atributos?

b) Teniendo en cuenta que las ponderaciones deben sumar 100 (y que el costo es un atributo negativo) establezca dos conjuntos de ponderaciones en los cuales el mismo concursante, con las mismas valoraciones, puede obtener una alta calificación en un conjunto de ponderación y una baja calificación en el otro conjunto.

c) ¿En la medida de sus conocimientos, qué piensa de los atributos 3 y 6?

d) ¿Es posible establecer rango de ponderaciones como el del Ejemplo N° 17 y mantener tanto para las ponderaciones mínimas como las máximas las mismas relaciones entre la importancia de los atributos (¿las mismas Tasas de Substitución?)

21. Ejemplo N°21 Concurso Médico.

a) ¿Qué piensa Ud. de este caso real?

b) ¿Qué le parece la jerarquía y las independencia de los atributos en el punto 4. Cargos ?

c) ¿Cómo cree que se concilia el punto 1.1. con el punto 5d?

d) ¿Qué le parece la clasificación de los títulos (punto 5) de acuerdo a los requisitos de independencia y completud ($A_1 \cup A_2 \cup - - \cup A_n = A$) de toda clasificación?

e) ¿Qué le parece el puntaje otorgado a un doctorado universitario? ¿y el hecho que una beca universitaria de 7 meses vale más que un libro publicado?

f) Reflexione acerca de la influencia de la cultura del contexto en el cual se presenta la decisión sobre el planteo del problema.¿Cuál es el perfil médico que este concurso alienta?

g) ¿Qué indicios de discriminación podrían encontrarse en la forma en que el puntaje está fijado?

h) Mismas preguntas a), b) y c) del Ejercicio N° 17.

i) Examine la observación de exclusión en el atributo 7. "Docencia". ¿Es legítima? ¿Cómo juega en la aplicación del Método?

f) Observe la diferencia entre el rubro 7. "Docencia" y el atributo similar 3. "Docencia Universitaria" del Ejemplo N° 22 (Concurso de Perito Contador de la Corte Suprema) donde la valoración, además de ser distinta, es acumulativa por cargos.

22. Vuelva al Ejercicio N°3 (Iª Parte). Asigne ponderaciones a cada uno de los atributos que Ud. identificó para cada uno de los casos expuestos allí. Tome casos reales, afines a su experiencia, como el candidato a Presidente de la República, la elección de un curso de "Teoría de la Decisión", la compra de un automóvil, etc. y resuélvalos por el Método Lineal.

23. Idem que Ejercicio N°22, pero resuelva por alguno de los otros métodos expuestos en el texto.

24. Resuelva el caso de los Autos Usados (Punto 12):

a) Sin utilizar escala substituta.
b) Sin utilizar escala substituta pero tomando el precio en unidades de mil pesos y los kilómetros en unidades de mil kilómetros.
c) Tomando los máximos y mínimos de la escala substituta asignándolos a los máximos y mínimos de la medición originaria de los atributos en la situación dada.
d) Adoptando el criterio de a mayor nivel de atributo negativo, menor medición substituta y viceversa. (Se suman en lugar de restar los valores negativos).
e) Utilizando una escala substituta 1-5.

25. Resuelva el caso del Relais Electrónico (punto 12) con las opciones c), d) y e) del Ejercicio N° 24.

26. ¿Podrían fijarse umbrales en el valor V (Si)? Comente.

27. Resuelva el problema Misiles (2) del punto 12.8 con una escala substituta 1-5. Haya o no diferencia con el problema Misiles (1) del punto 12.7, comente las razones.

28. En el caso de los Autos Usados, resuelto en el punto 12.6, substituya los atributos "Kilómetros" y "Año" por el atributo "Kilómetros recorridos por año". ¿Cuáles son los problemas de medición que Ud. encuentra? ¿Cambia la valoración final de la alternativa? (decida Ud. la medición substituta a utilizar)

29. ¿Es legítimo fijar una ponderación 0 (cero) a un atributo? ¿Qué significa?

30. . Análisis de una metodología para objetivos en conflicto

1. En alguna bibliografía de análisis de sistemas aparece un método de tratamiento de objetivos múltiples llamado "matriz de decisión forzada". El método se explica a continuación. Puede seguirse con el ejemplo incluido al final.

2. La ponderación de los objetivos se obtiene:

(1) Efectuando comparaciones por pares entre todos los objetivos para establecer el orden de preferencia en cada par.

(2) Se asocia a cada objetivo el número de veces que ha sido preferido a otro.

3. La medición de cada resultado para cada objetivo para todas las alternativas se hace del mismo modo:

(1) Se compara de a dos alternativas los resultados de un mismo objetivo, estableciendo el orden de preferencia.

(2) La frecuencia que cada resultado es preferido a los otros es la medición de ese resultado.

4. Finalmente se integran los resultados en una sóla matriz y se evalúa cada alternativa por el promedio ponderado (método lineal).

Pregunta:
Opine acerca de este método, especialmente acerca de su coherencia teórica.

Ejemplo

Dados cuatro objetivos O_1 , O_2 , O_3 , O_4

Se pueden efectuar $4!/\ 2!\ 2! = 24/4 = 6$ comparaciones binarias.

Supongamos que los resultados, de acuerdo al criterio del decididor, sean los siguientes:

Par	Objetivo preferido	Par	Objetivo preferido
1. $O_1\ O_2$	O_1	4. $O_2\ O_3$	O_3
2. $O_1\ O_3$	O_1	5. $O_2\ O_4$	O_2
3. $O_1\ O_4$	O_1	6. $O_3\ O_4$	O_3

La frecuencia de preferencia es:

O_1 = 3 veces; O_2: 1 vez; O_3: 2 veces; O_4: 0 veces

Las ponderaciones son entonces 3 , 1 , 2 , 0 (o, normalizadas, : 0,50; 0,17; 0,33,; o).

2. Supongamos tres alternativas S_1 , S_2, S_3. Ello implica tres comparaciones S_1 S_2 , S_1 S_3 , S_2 S_3 , las que se efectúan para cada objetivo. Se computa como medida la frecuencia en la cual cada alternativa es dominante para cada objetivo, de acuerdo al criterio del decididor.

	O_1	O_2	O_3	O_4
S_1 S_2	S_1	S_2	S_2	S_1
S_1 S_3	S_3	S_1	S_1	S_3
S_2 S_3	S_3	S_3	S_2	S_2

Matriz de decisión
(Ejemplo: en el cuadro anterior, S_2 aparece 2 veces en O_3)

	O_1	O_2	O_3	O_4	Promedio ponderado	
S_1	1	1	1	1	1	
S_2	0	1	2	1	0,83	
S_3	2	1	0	1	1,17	MAX

31. Halle un ejemplo de intransitividad de las preferencias entre atributos de acuerdo al método expuesto en el ejercicio anterior.

32. Yoon y Hwang (1995) exponen el siguiente método para obtener ponderaciones ρ_j supuestamente basado en el "Análisis Jerárquico" de Saaty. Damos un ejemplo para tres objetivos.

1. Se establece una matríz de este tipo donde P_i es la ponderación del atributo O_i:

	P_1	P_2	P_3
P_1	P_1/P_1	P_1/P_2	P_1/P_3
P_2	P_2/P_1	P_2/P_2	P_2/P_3
P_3	P_3/P_1	P_3/P_2	P_3/P_3

2. La ponderación definitiva P_i es la media geométrica de cada fila. Por ejemplo, la primera fila:

$$(P_1/P_1 \times P_1/P_2 \times P_1/P_3)^{1/3} = P_1$$

Este método es absolutamente inútil y la razón es evidente.

Demuéstrelo

33. Un importante organismo descentralizado de la administración pública nacional tiene el siguiente sistema de evaluación de su personal a fines de distribuir un fondo que incrementará los sueldos.

¿Cuál es la ponderación otorgada a los distintos atributos? ¿Cuál es el Método implicado en este caso? ¿Qué cualidades tiende a favorecer esta distribución de dinero?

	CONCEPTOS EVALUABLES	INDICADORES	RANGO
1	**HABILIDADES PERSONALES**		
1.1.	Organización	Tiene facilidad para estructurar las fases a seguir para el desarrollo de la tarea	0 a 12
1.2.	Toma de Decisiones	En ausencia de sus superiores asume decisiones correctas resolviendo con facilidad los asuntos de su competencia.	0 a 8
1.3.	Iniciativa y Creatividad	Para la realización de sus tareas plantea nuevas propuestas en función de las exigencias del propio trabajo	0 a 10
1.4.	Conocimiento del Trabajo	Los resultados de su labor demuestran un alto grado de conocimiento de las tareas a su cargo	0 a 20
		Sub-Total	0 a 50
2.	**HABILIDADES INTERPERSONALES**		
2.1.	Integración	Tiene facilidad para formar parte de equipos de trabajo y/o ajustarse a las tareas que el puesto le exige	0 a 8
2.2.	Comunicación	Tiene facilidad para expresarse, transmitiendo sus ideas de manera clara y precisa	0 a 7
		Sub-Total	0 a 15
3.	**ACTITUDES**		
3.1.	Responsabilidad	Responde al grado de confianza depositado para la ejecución de la tarea asignada y/o obligaciones a su cargo	0 a 16

3.2.	Colaboración	Por iniciativa propia se integra a actividades que considera de su competencia, aceptando realizar tareas aun fuera de su horario de trabajo.	0 a 12
3.3.	Valores	En el desempeño de sus funciones respeta y cumple las normas impuestas por la sociedad y la Institución	0 a 7
		Sub-Total	0 a 35
		PUNTAJE FINAL	0 A 100

34. En la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires, existe un método para fijar la prioridad de inscripción en un curso determinado: los alumnos con mayor puntaje son los que tienen prioridad para esa inscripción.

La fórmula de puntaje es la siguiente:

Puntaje = A + B + C + D

Donde:

A: 100 [materias aprobadas/materias rendidas]
B: Materias aprobadas x 3
C: Promedio real x 3
D: Adicional para últimas materias:

Materias faltantes	Puntaje
8	5
7	10
6	15
5	20
4	30
3	45
2	65
1	90

1. ¿Cuáles son los atributos tenidos en cuenta?
2. ¿Cuál es la ponderación asignada a cada uno de esos atributos?
3. ¿Qué clase de escala de medición es la obtenida? ¿Qué problemas le encuentra?

BIBLIOGRAFÍA

(Para Partes I y II)

ANDERSON D.R., SWEENEY D.J., WILLIAMS T.A., "Introducción a los Modelos Cuantitativos para Administración", Grupo Editorial Iberoamérica, 1993.

JOHNSEN Erik, "Studies in Multiobjective Decision Models", Studentlitteratur, Lund, 1968.

KEENEY, R. y RAIFFA, h. "Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs", Wiley, New York, 1976.

STARR, M. Y ZELENY, M. (comp.), "Multiple Criteria Decision Making", North Holland, Amsterdam, 1977.

Von WINTERFELDT, D. y EDWARDS, W., "Decision Analysis and Behaviorial Research", Cambridge University Press, Cambridge (USA), 1986.

YOON, P. Y HWANG C.L., "Multiple Attribute Decision Making: An Introduction", Sage, Thousand Oaks, Cal., 1995

Diciembre 1997

En la decisión final, quedaron dos consorcios encabezados por Siemens (Alemania) e Itron (Argentina) que obtuvieron los puntajes anotados más arriba.

1. ¿Algo le llama la atención en el puntaje otorgado a cada atributo?

3. ¿Qué piensa Ud. de los atributos elegidos en un negocio de esta envergadura?

4. ¿Qué atributos hubiera propuesto Ud. y con qué ponderación?

Diciembre 1997

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas

El Centro de Estudiantes de Ciencias Económicas es un ámbito de participación que nuclea a todos los estudiantes de la Facultad, cuyos principios fundamentales son: la Democracia, la Libertad, la Igualdad de Oportunidades y la Pluralidad de ideas.
Mediante sus autoridades se encarga de representar y defender los derechos de los estudiantes ante el resto de la comunidad educativa universitaria y también ante diversos organismos externos.
El Centro de Estudiantes tiene tres grandes campos de acción: el político, el gremial y el académico. Es por esto que se encarga tanto de solucionar los problemas administrativos o curriculares que puedas llegar a tener, como de organizar diversos tipos de actividades (conferencias, compras de libros, impresión de apuntes, edición de una revista torneos deportivos, etc.). Tampoco podemos olvidar que estamos inmersos dentro de una sociedad por lo que constantemente el Centro de Estudiantes mantiene contacto con organizaciones y fundaciones a fin de realizar y coordinar actividades que vinculen al movimiento estudiantil con la problemática de otros sectores de la comunidad.
Asimismo el Centro de Estudiantes ha asumido el compromiso de defender la Educación Pública por ser ésta una herramienta fundamental para que todos los ciudadanos tengan las mismas oportunidades dentro de la sociedad; y para lograr el crecimiento tanto económico como social del país. Creemos firmemente que un país que descuida la educación hipoteca su futuro.
Para cumplir con estos objetivos y así tener una Universidad y un país mejor es esencial la participación de todos nosotros. Sólo así la transformación será posible. Por eso es que te proponemos trabajar desde el Centro de Estudiantes, por y para los estudiantes. Acercate.
Te esperamos.

Sebastián Pérez Bruzzo
Presidente

Juan Pablo Vázquez
Sec. General

C.E.C.E.
Centro de Estudiantes de Ciencias Económicas

Secretaría de Impresiones