

**INSTITUTO ARGENTINO DE PROFESORES
UNIVERSITARIOS DE COSTOS (IAPUCO)**

XLVI CONGRESO ARGENTINO IAPUCO

**“VARIANTE DEL MÉTODO PROMETHEE PARA
DECISIONES MULTICRITERIO DISCRETAS”**

CATEGORÍA: Aportes a la disciplina

Autor: Raúl Alberto Ercole

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
Socio Activo IAPUCO**

Córdoba, Octubre 2023

**PALABRAS CLAVE: PROMETHEE, VARIANTE,
MULTICRITERIO**

INDICE

RESUMEN	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. METODOS DE APOYO MULTICRITERIO A LA DECISION	4
3. UN EJEMPLO MUY SENCILLO	5
4. MÉTODO PROMETHEE (VERSIÓN II)	6
PASO 1. – CÁLCULO DE LAS PREFERENCIAS PONDERADAS	6
PASO 2. - CÁLCULO DE LA SOBRECLASIFICACIÓN DE UNA ALTERNATIVA SOBRE OTRA	7
PASO 3. - CÁLCULO DE LOS FLUJOS DE SUPERACIÓN	8
PASO 4. – CÁLCULO DEL FLUJO DE SUPERACIÓN NETO	8
TRANSICIÓN DESDE LA NO PREFERENCIA HACIA LA PREFERENCIA	8
5. UNA PROPUESTA DE VARIANTE PARA LA TRANSICIÓN DE LA PREFERENCIA	10
PASO 1. – CÁLCULO DE LAS PREFERENCIAS PONDERADAS	11
PASO 2. - CÁLCULO DE LA SOBRECLASIFICACIÓN DE UNA ALTERNATIVA SOBRE OTRA	12
PASO 3. - CÁLCULO DE LOS FLUJOS DE SUPERACIÓN	12
PASO 4. – CÁLCULO DEL FLUJO DE SUPERACIÓN NETO	12
6. SENSIBILIDAD DE LA DECISIÓN	13
7. CONCLUSIONES	14
BIBLIOGRAFIA	15

RESUMEN

VARIANTE DEL MÉTODO PROMETHEE PARA DECISIONES MULTICRITERIO DISCRETAS

CATEGORÍA: Aportes a la disciplina

Existen dos grandes divisiones en las situaciones de toma de decisiones con múltiples objetivos: programación multiobjetivo, referido a variables continuas, y decisiones multicriterio discretas.

El trabajo se centra en la problemática de las decisiones multicriterio discretas (DMD). Estos métodos son técnicas de apoyo para situaciones en las cuales se debe escoger una alternativa entre varias, teniendo en cuenta que los objetivos o criterios son múltiples, - pudiendo existir algunos a maximizar y otros a minimizar -, y los atributos, valores o puntajes de cada alternativa en cada criterio se conocen y pueden tener distintas unidades de medida. Además, los criterios generalmente poseen distinto peso o ponderación.

Para la resolución de problemas de DMD hay varias técnicas o modelos.

El trabajo presenta un modelo de la escuela francesa, - PROMETHEE - que es interesante ya que se centra en el cálculo de las preferencias de cada alternativa respecto a las otras en cada criterio y luego en forma conjunta.

En una primera parte del trabajo se expone el método PROMETHEE en su versión clásica. Posteriormente se aclaran las posibles transiciones entre no preferencia y la preferencia completa.

La última parte del trabajo propone una variante para el cálculo de la transición de modo de no agregar mayores subjetividades del decisor en el algoritmo de cálculo del método.

Se contempla, además, el aspecto de la sensibilidad de la decisión sugerida.

El trabajo se presenta en la categoría "aportes a la disciplina" toda vez que los métodos cuantitativos son herramientas de apoyo en el proceso decisorio y éste, a su vez, es una temática central en la gestión de todas las organizaciones, sean pequeñas o importantes.

1. INTRODUCCIÓN

Tomar decisiones es uno de los aspectos más relevantes en la vida de los individuos y las organizaciones. En cualquier campo, la responsabilidad lleva aparejada la facultad de poder tomar decisiones, y a su vez, toda decisión conlleva la responsabilidad de sus posibles consecuencias.

La tarea de tomar decisiones constituye la actividad cotidiana -de las organizaciones y de los individuos - que involucra la necesidad de evaluar opciones y elegir, de entre todas, aquella que mejor se adecue a los objetivos que se persiguen o se consideran relevantes al propósito en cuestión.

En el estudio de los problemas de decisión y principalmente en el campo teórico, es común suponer que todo agente de decisión actúa racionalmente, lo cual implica un comportamiento fundamentalmente optimizador por parte del decisor, tratando de escoger la mejor alternativa o la óptima si ello fuese posible.

Cuando este concepto se aplica a situaciones reales, la complejidad de los problemas a menudo reduce las posibilidades de encontrar la alternativa óptima. El decisor busca entonces una alternativa que satisfaga suficientemente sus niveles de aspiración deseados para los objetivos que se ha propuesto. La alternativa elegida de este modo se denomina satisfactoria y tiene, de hecho, aspectos subjetivos de quien está decidiendo.

Lo expresado modifica el concepto clásico de decisor racional, por el de decisor con *racionalidad limitada*. Simon (1995) sostiene que *“la mayor parte de las decisiones humanas..... se refieren al descubrimiento y selección de alternativas satisfactorias y sólo en casos excepcionales se ocupan del descubrimiento y selección de alternativas óptimas”*.

Generalmente, además, no existe un solo objetivo a satisfacer. Por ello, las decisiones son en su enorme mayoría, multiobjetivo o multicriterio.

La teoría aquí se subdivide en dos grandes ramas:

- a) Decisiones multiobjetivo: las alternativas de decisión son continuas y la programación busca elegir las variables de decisión que mejor satisfagan los objetivos múltiples, considerando las restricciones que existan. Hay, por supuesto, diferentes técnicas que generan diferentes soluciones y distinto logro de los objetivos relevantes. Ejemplo: elección de la cantidad de insumos necesarios para la fabricación de productos de una panadería considerando distintos objetivos como participación de mercado, variedad de productos, rentabilidad empresarial o inversiones necesarias y teniendo en cuenta las restricciones que sean pertinentes.
- b) Decisiones multicriterio discretas: en este caso, si bien existen también diferentes criterios u objetivos, las variables de decisión son discretas, finitas, y la programación o la técnica empleada busca encontrar la alternativa que mejor satisfaga los criterios relevantes. De hecho, también hay diferentes técnicas que generan resultados distintos en cuanto a la alternativa seleccionada como satisfactoria. Ejemplo: elección de una maquinaria de producción con distintos criterios a considerar como eficiencia, volumen producido o costo de adquisición.

Este trabajo se centra en la rama b) denominada DMD (Decisiones Multicriterio Discretas) y cabe considerar ciertas particularidades al respecto:

- Varios son los criterios u objetivos que puede ser necesario considerar para la selección de una entre varias alternativas de solución, los que generalmente suelen estar en conflicto y, además, suelen tener distinto peso o importancia.

- Algunos criterios pueden ser medidos cuantitativamente, mientras que otros sólo lo son a través de juicios de valor efectuados sobre una escala. A su vez, la escala para un determinado criterio puede ser nominal, cardinal u ordinal, dependiendo de los datos disponibles y de la propia naturaleza de los criterios. La subjetividad, en este caso, es realmente importante. Además, por supuesto, los datos que se tengan pueden ser ambiguos, vagos o incompletos.
- Para elegir la alternativa satisfactoria, existen diferentes técnicas o métodos, lo que es objeto de análisis a continuación.

2. METODOS DE APOYO MULTICRITERIO A LA DECISION

Los métodos tienen un carácter científico y admiten agregar, de manera amplia, todas las características consideradas importantes, inclusive las subjetivas o no cuantitativas. Permiten abordar sistemáticamente este tipo de problemas, además de posibilitar la transparencia del proceso.

Estos métodos tratan de representar lo más fielmente posible las preferencias del decisor o del grupo de decisores, aunque estas preferencias no sean totalmente consistentes. No se pretende presentar una solución al problema eligiendo una única verdad. Como su nombre lo indica, apoyan el proceso de decisión a través de la recomendación de acciones o cursos de acción a quien va a tomar la decisión.

En este tipo de problemas, es prácticamente imposible que exista una alternativa o solución para la cual alcancen su valor óptimo, simultáneamente, todas y cada una de las funciones objetivo. Suele ocurrir que, debido al mayor o menor conflicto entre los criterios, una solución o alternativa sea mejor que otras en alguno de ellos, mientras que, para los restantes, sea superada por otras soluciones. En estos casos el decisor elegirá la mejor entre un conjunto de alternativas consideradas satisfactorias y para ello deberá emplear una técnica o método específico entre los muchos que existen, o mejor aún, emplear varios de ellos y comparar las soluciones.

Cabe considerar, además, los conceptos básicos involucrados en todos los problemas tipo DMD:

- Alternativas: son las opciones que dispone el decisor y debe elegir entre ellas la más satisfactoria. Son, por lo tanto, diferentes, exhaustivas y excluyentes.
- Criterios u objetivos: son los distintos aspectos o ejes de evaluación a considerar como relevantes en la decisión. Pueden ser criterios a maximizar o a minimizar, según el caso. No deben ser redundantes para no otorgar demasiada importancia a uno de ellos.
- Atributos de las alternativas: son las evaluaciones – objetivas o subjetivas del decisor – o puntajes o valores de cada alternativa respecto a cada criterio. Por consiguiente, el valor numérico “ $a_{(i,j)}$ ” expresa la evaluación de la alternativa “ $A(i)$ ” respecto del criterio “ $C(j)$ ”.
- Pesos o ponderaciones: es la medida de la importancia relativa que el decisor le atribuye a cada criterio en relación con sus preferencias. El peso o ponderación atribuido por el decisor al criterio “ j ” se representa por “ $w(j)$ ”
- Técnica o modelo: es el conjunto de pasos y/o algoritmos por los cuales se busca obtener la solución satisfactoria lo que es decir la alternativa elegida.
- Análisis de sensibilidad: puede realizarse una vez elegida la alternativa por el método utilizado con el objeto de evaluar cuán sensible es la decisión ante distintas situaciones que se considere relevante plantear.

Los métodos de apoyo multicriterio discretos (DMD) son variados, siendo los más comunes los siguientes:

- Ponderación lineal: básicamente es una función cardinal aditiva que suma las funciones de utilidad de cada alternativa en cada criterio ponderando el peso de los mismos. Deben normalizarse los datos para que todos queden expresados en igual unidad de medida. Además, para poder ser una función aditiva, en el caso de los objetivos a minimizar debe operarse con el inverso de los datos. Puede normalizarse por la suma o por el máximo de los datos para respetar la proporcionalidad.
- Método MOORA (*multi-objective optimization on the basis of the ratio analysis*): es muy parecido a un método de ponderación lineal con la diferencia que en el proceso de agregación se suman las evaluaciones ponderadas de los criterios a maximizar y se les resta las evaluaciones ponderadas de los criterios a minimizar.
- Proceso de Análisis Jerárquico (AHP): los pesos de los criterios son determinados en base a comparaciones entre pares de los mismos, según una escala que parte de “indiferente al otro criterio” hasta “fuertemente preferible al otro criterio”. En su fase final se utiliza una ponderación lineal. Fue desarrollado por Thomas Saaty.
- Método TOPSIS (*technique for order preference by similarity to ideal solution*): ordena las alternativas según su cercanía a la solución ideal de todos los criterios y, consecuentemente, tratando de alejarse lo más posible de la solución antiideal. Determina finalmente un índice de similaridad a la solución ideal.
- Métodos de la escuela francesa: se basan principalmente en establecer las preferencias entre una alternativa y otra, para cada criterio. Las complicaciones aparecen con las indiferencias o las preferencias muy débiles, por lo que a veces se establecen subcriterios o pseudo criterios para hacer una transición desde la no preferencia a la preferencia. Los métodos más importantes de la escuela francesa son
 - a) ELECTRE, que tiene como concepto central a las relaciones de superación, lo que puede considerarse como una generalización del concepto de dominancia. Existen varias versiones del método, según la problemática a resolver, informaciones utilizadas y cantidad de relaciones de superación que se investigan.
 - b) PROMETHEE (*preference ranking organization method for enrichment evaluations*); este método también tiene variantes y está caracterizado por un índice de preferencia que refleja la credibilidad por la que una alternativa es preferible a otra. Utiliza comparaciones binarias entre alternativas y pueden utilizarse transiciones para establecer límites de indiferencia y de preferencia. La técnica o método PROMETHEE VERSION II es el objeto central de este trabajo.

3. UN EJEMPLO MUY SENCILLO

Con el objeto de analizar una técnica o modelo de decisión DMD es menester ejemplificar una situación típica, muy sencilla, pero que sea aplicable a una gran generalidad de casos, tanto organizacionales como individuales.

En tal sentido, supóngase la existencia de 4 alternativas y de 3 criterios, dos de ellos a maximizar y uno a minimizar. Se tienen los siguientes atributos o evaluaciones de cada alternativa en cada criterio:

MATRIZ DE DECISION - EVALUACIÓN DE CADA ALTERNATIVA EN CADA CRITERIO

	CRIT A	CRIT B	CRIT C
ALT 1	4	160	1050
ALT 2	4,8	180	1300
ALT 3	8,1	135	1510
ALT 4	5	120	950
OBJETIVO	MAX	MAX	MIN

El decisor ha resuelto que los criterios no tienen idéntica importancia, sino un peso relativo como sigue:

PONDERACION DE LOS CRITERIOS

	CRIT A	CRIT B	CRIT C	SUMA
Ponderación	5	7	8	20
Normalizada	0,25	0,35	0,40	1,00

Conocidos estos datos, cabe aplicar una técnica o método para elegir la alternativa más satisfactoria.

4. MÉTODO PROMETHEE (VERSIÓN II)

Es una técnica que permite determinar un preorden total entre las alternativas. En cambio, en PROMETHEE I es posible que se logren ordenamientos parciales, dado que puede presentarse una situación de incomparabilidad entre las alternativas.

PROMETHEE II finaliza con la construcción de un “flujo de superación neto” entre las alternativas, lo que determina el ordenamiento de las mismas según la preferencia del decisor.

El algoritmo de trabajo del método prevé varias etapas y para clarificar las mismas se apelará a su conceptualización y su aplicación al ejemplo propuesto.

PASO 1. – CÁLCULO DE LAS PREFERENCIAS PONDERADAS

El primer paso consiste en calcular las preferencias de una alternativa respecto a otra, en cada criterio, y ponderarlas por el peso o importancia del mismo.

El algoritmo es el siguiente:

- a) Para criterios de maximización:
 - Si el desvío o diferencia entre la evaluación de una alternativa respecto de otra es menor o igual a cero, la preferencia se considera “0”.
 - Si el desvío es mayor que cero, la preferencia se considera “1”
 - Es lo que se denomina “verdadero criterio” o algoritmo sin transición de una situación de no preferencia a otra de preferencia.
- b) Para criterios de minimización:

Si el desvío es mayor o igual a cero la preferencia es "0"

Si el desvío es menor que cero, la preferencia es "1"

c) Una vez calculados los desvíos, se ponderan por el peso del criterio.

Para el ejemplo propuesto, los cálculos (desarrollados en forma vertical) son:

CRITERIO A - MAX					POND POR EL PESO - CRITERIO A					
	ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 4			ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 4
ALT 1	0	1	1	1		ALT 1	0	0,25	0,25	0,25
ALT 2	0	0	1	1		ALT 2	0	0	0,25	0,25
ALT 3	0	0	0	0		ALT 3	0	0	0	0
ALT 4	0	0	1	0		ALT 4	0	0	0,25	0

CRITERIO B - MAX					POND POR EL PESO - CRITERIO B					
	ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 4			ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 4
ALT 1	0	1	0	0		ALT 1	0	0,35	0	0
ALT 2	0	0	0	0		ALT 2	0	0	0	0
ALT 3	1	1	0	0		ALT 3	0,35	0,35	0	0
ALT 4	1	1	1	0		ALT 4	0,35	0,35	0,35	0

CRITERIO C - MIN					POND POR EL PESO - CRITERIO C					
	ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 4			ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 4
ALT 1	0	0	0	1		ALT 1	0	0	0	0,4
ALT 2	1	0	0	1		ALT 2	0,4	0	0	0,4
ALT 3	1	1	0	1		ALT 3	0,4	0,4	0	0,4
ALT 4	0	0	0	0		ALT 4	0	0	0	0

PASO 2. - CÁLCULO DE LA SOBRECLASIFICACIÓN DE UNA ALTERNATIVA SOBRE OTRA

En esta etapa se consideran todos los criterios en conjunto, por lo que se debe sumar las tablas anteriores (ponderadas). Los cálculos en forma vertical son:

	ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 4
--	-------	-------	-------	-------

ALT 1	0	0,60	0,25	0,65
ALT 2	0,40	0	0,25	0,65
ALT 3	0,75	0,75	0	0,40
ALT 4	0,35	0,35	0,60	0

PASO 3. - CÁLCULO DE LOS FLUJOS DE SUPERACIÓN

Una vez conocidas las sobre clasificaciones, es posible calcular el flujo de superación positivo (significa cómo una alternativa supera a las otras) y el flujo de superación negativo (cómo una alternativa es superada por las otras). Recordando que los cálculos anteriores estaban desarrollados en forma vertical, el flujo de superación positivo se calcula con la suma de las columnas del cuadro anterior, y el flujo negativo con la suma de las filas. En consecuencia, se tiene:

FLUJO DE SUPERACION POSITIVO SUMA COLUMNAS		FLUJO DE SUPERACION NEGATIVO SUMA FILAS	
ALT 1	1,5	ALT 1	1,5
ALT 2	1,7	ALT 2	1,3
ALT 3	1,1	ALT 3	1,9
ALT 4	1,7	ALT 4	1,3

PASO 4. – CÁLCULO DEL FLUJO DE SUPERACIÓN NETO

El último paso del algoritmo consiste en determinar para cada alternativa el flujo de superación neto como diferencia entre el positivo y el flujo negativo. Consecuentemente, el orden de preferencia final de las alternativas estará dado por el mayor valor del flujo de superación neto. En este ejemplo en particular:

FL NETO	
ALT 1	0
ALT 2	0,40
ALT 3	-0,80
ALT 4	0,40
SUMA	0

Las alternativas 2 y 4 aparecen como las mejores con flujo neto positivo. La alternativa 1 tiene flujo neto cero y la peor alternativa en orden de mérito es la alternativa 3 con un flujo negativo. Como se observa, la suma total de los flujos netos es cero ya que se ha venido comparando cada alternativa con las otras.

TRANSICIÓN DESDE LA NO PREFERENCIA HACIA LA PREFERENCIA

Una variación del algoritmo modifica el método o técnica con la posibilidad de tener transiciones entre la no preferencia y la preferencia de una alternativa sobre otra. Esta variante elimina el paso directo del "0" al "1", lo que es deseable porque indica más ajuste de la técnica a la variación de los datos, pero introduce en general mayor subjetividad al resultado, al tener que establecer el decisor pautas adicionales para calcular la transición.

Existen diferentes posibilidades o modos de transición:

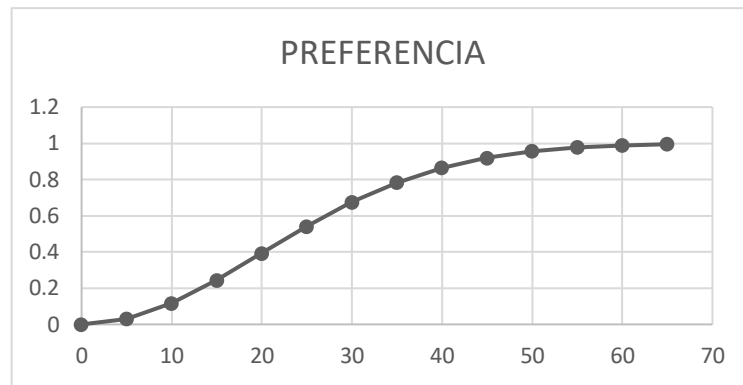
- Que el decisor fije un límite de indiferencia "q" de tal modo que, si el desvío de la evaluación de una alternativa respecto de otra es menor o igual que "q" la preferencia es 0, y si es mayor la preferencia es 1
- Que el decisor fije un límite de indiferencia "p" tal que si el desvío de la evaluación es menor o igual a "p" la preferencia es "desvío / p", y si es mayor la preferencia es 1. Esta alternativa fija un crecimiento lineal de la preferencia hasta "p".
- Que el decisor fije 2 límites de indiferencia, "q" y "p" tal que, si el desvío de la evaluación es menor o igual que "q" la preferencia es 0, si el desvío es mayor que "q" pero menor o igual a "p" la preferencia es 0,5 y, por último, si el desvío es mayor que "p" la preferencia es 1.
- Que el decisor fije 2 límites de indiferencia, "q" y "p" tal que si el desvío de la evaluación es menor o igual que "q" la preferencia es 0, si el desvío es mayor que "q" pero menor o igual a "p" la preferencia es $\frac{\text{desvío}-q}{p-q}$ y por último, si el desvío es mayor que "p" la preferencia es 1 (hay un crecimiento lineal de la preferencia entre "q" y "p").
- Modo con función "gaussiana"; el decisor fija un parámetro "g" tal que la preferencia pasa de 0 a 1 con la siguiente ecuación:

$$P = 1 - e^{-\frac{\text{desvio}^2}{2g^2}}$$

Por ejemplo, si el decisor introduce "g" = 0,05 la transición sería:

DESVIO	PREFERENCIA
0	0
5	0,030766766
10	0,117503097
15	0,245160398
20	0,39346934
25	0,542166638
30	0,675347533
35	0,783734833
40	0,864664717
45	0,920440491
50	0,956063066
55	0,977205819
60	0,988891003
65	0,994913931

y gráficamente



Todas estas posibilidades, como se observó, dependen de una decisión subjetiva adicional del decisor.

En el caso de criterios a minimizar, los modos son equivalentes teniendo en cuenta que el desvío negativo es el que lleva a la preferencia (la preferencia es 0 para desvíos cero o positivos). Por ejemplo, la alternativa c) quedaría así:

- Si el desvío es ≥ 0 la preferencia es 0
- Si el desvío es menor a 0 y mayor o igual a $(-q)$ la preferencia es también 0
- Si el desvío es menor que $(-q)$ y mayor o igual a $(-p)$ la preferencia es 0,5
- Si el desvío es menor que $(-p)$ la preferencia es 1

También puede pensarse en los desvíos negativos en términos absolutos y operar con “q” y “p” positivos.

De hecho, todas estas variantes harían cambiar el valor numérico de las preferencias y, por consiguiente, alterar el orden final de las alternativas.

5. UNA PROPUESTA DE VARIANTE PARA LA TRANSICIÓN DE LA PREFERENCIA

Evidentemente la posibilidad de calcular las preferencias sin transición – esto es ceros y unos – brinda escaso premio a aquellas alternativas que superan en mucho a otra, mientras da una excesiva preferencia a las alternativas que apenas superan a otra.

Por lo tanto, operar con transición parece lo más atinado. Sin embargo, se adentra en la subjetividad en todas aquellas alternativas en que se pide un parámetro adicional al decisor, como los nombrados previamente “q”, “p” o “g”.

La subjetividad es imposible de soslayar en el peso o ponderación de los criterios. Sólo el decisor puede opinar y decidir, en consecuencia, cuáles criterios son los más importantes y cuáles tienen peso relativo menor. No es posible cuantitativamente solucionar este aspecto sin la opinión del dueño de la decisión.

Sin embargo, no parece deseable agregar un ítem más de subjetividad con los parámetros adicionales.

Por tanto, se efectúa en el trabajo una propuesta que mida cuantitativamente la transición sin una opinión extra del decisor. La propuesta, concretamente, es medir el grado de preferencia con el porcentaje en que una alternativa es mejor que otra.

Es decir, en el caso de maximización de un criterio, la preferencia será igual al desvío entre una alternativa y otra, dividido por el valor del atributo de la alternativa superada (que será el menor valor de los dos atributos, dado que el criterio es a maximizar).

$$Pref = \frac{\text{desvío en valor absoluto}}{\text{atributo de alternativa superada}}$$

Para el caso de un criterio de minimización, el concepto es el mismo: sólo que como el criterio es a minimizar, el desvío se toma en valor absoluto (de lo contrario sería negativo) y el atributo de la alternativa superada es el mayor de los dos con los que se calcula el desvío.

Al aplicar esta variante, lógicamente el valor numérico de la preferencia cambia respecto a la situación original y consecuentemente, los valores numéricos de los pasos siguientes. Puede también cambiar, de hecho, el orden final de las alternativas.

Aplicado este concepto a la situación ejemplificada, se tiene:

PASO 1. – CÁLCULO DE LAS PREFERENCIAS PONDERADAS

CRITERIO A - MAX					POND POR EL PESO - CRITERIO A						
	ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 4			ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 4	
ALT 1	0	0,2	1,0250	0,25			ALT 1	0	0,05	0,2563	0,0625
ALT 2	0	0	0,6875	0,0417			ALT 2	0	0	0,1719	0,0104
ALT 3	0	0	0	0			ALT 3	0	0	0	0
ALT 4	0	0	0,6200	0			ALT 4	0	0	0,155	0

CRITERIO B - MAX					POND POR EL PESO - CRITERIO B						
	ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 4			ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 4	
ALT 1	0	0,125	0	0			ALT 1	0	0,0438	0	0
ALT 2	0	0	0	0			ALT 2	0	0	0	0
ALT 3	0,1852	0,3333	0	0			ALT 3	0,0648	0,1167	0	0
ALT 4	0,3333	0,5	0,125	0			ALT 4	0,1167	0,175	0,0438	0

CRITERIO C - MIN					POND POR EL PESO - CRITERIO C						
	ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 4			ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 4	
ALT 1	0	0	0	0,0952			ALT 1	0	0	0	0,0381
ALT 2	0,1923	0	0	0,2692			ALT 2	0,0769	0	0	0,1077
ALT 3	0,3046	0,1391	0	0,3709			ALT 3	0,1219	0,0556	0	0,1483
ALT 4	0	0	0	0			ALT 4	0	0	0	0

PASO 2. - CÁLCULO DE LA SOBRECLASIFICACIÓN DE UNA ALTERNATIVA SOBRE OTRA

Se debe sumar todos los criterios ponderados en esta etapa

	ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 4
ALT 1	0	0,0938	0,2563	0,1006
ALT 2	0,0769	0	0,1719	0,1181
ALT 3	0,1867	0,1723	0	0,1483
ALT 4	0,1167	0,1750	0,1988	0

PASO 3. - CÁLCULO DE LOS FLUJOS DE SUPERACIÓN

Una vez conocidas las sobre clasificaciones, se calcula el flujo de superación positivo (cómo una alternativa supera a las otras) y el flujo de superación negativo (cómo una alternativa es superada por las otras) del mismo modo que se explicó en la variante sin transición.

FLUJO DE SUPERACION POSITIVO SUMA COLUMNAS		FLUJO DE SUPERACION NEGATIVO SUMA FILAS	
ALT 1	0,3803	ALT 1	0,4506
ALT 2	0,4410	ALT 2	0,3669
ALT 3	0,6269	ALT 3	0,5073
ALT 4	0,3670	ALT 4	0,4904

PASO 4. – CÁLCULO DEL FLUJO DE SUPERACIÓN NETO

En el último paso del algoritmo se determina el flujo de superación neto, lo que implica el orden de preferencia final de las alternativas.

FL NETO	
ALT 1	-0,0703
ALT 2	0,0741
ALT 3	0,1196
ALT 4	-0,1234
SUMA	0,0000

Como se observa, las alternativas 1 y 4 tienen flujo neto negativo y las otras dos, positivo.

La suma total es cero igual que en la variante sin transición.

De acuerdo a este cuadro, el orden de mérito en cuanto a las preferencias, es

- 1) ALTERNATIVA 3
- 2) ALTERNATIVA 2
- 3) ALTERNATIVA 1
- 4) ALTERNATIVA 4

El orden es, definitivamente, distinto a lo observado en la variante sin transición.

6. SENSIBILIDAD DE LA DECISIÓN

El resultado del algoritmo – en este caso del método Promethee con la variante propuesta de obtener porcentualmente las preferencias entre las alternativas - , brindó inclinar la decisión hacia la alternativa 3.

Sin embargo, el análisis cuantitativo de apoyo a la decisión no debe detenerse allí de modo alguno. Es necesario siempre considerar la sensibilidad del resultado.

Esto significa analizar si la decisión sugerida como satisfactoria sería la misma o cambiaría ante ciertos parámetros del modelo.

En este sentido, están los parámetros de los pesos o ponderaciones fijados por el decisor en forma, claro está, subjetiva, porque representa la importancia que cada criterio significa para el mismo.

Cabe preguntarse, por ejemplo, qué ocurriría ante un cambio de los mismos.

La Alternativa 3 seguramente fue la sugerida porque en el criterio A tiene una preferencia porcentual clara respecto a las otras alternativas (una medida de 8,1 respecto a medidas muy inferiores de las alternativas 1-2-4). El decisor eligió en este ejemplo una ponderación del 25% para el criterio A.

Si ese porcentaje de peso descendiera al 20% y, por ejemplo esa diferencia de 5% se trasladara al criterio C (en donde la alternativa 3 es la menos favorecida de todas), el resultado de la decisión sugerida ya no sería el mismo, según puede observarse a continuación:

	CRIT A	CRIT B	CRIT C	SUMA
Ponderación	4	7	9	20
Normalizada	0,20	0,35	0,45	1,00

	FL NETO
ALT 1	0,0235
ALT 2	0,0845
ALT 3	-0,0378
ALT 4	-0,0702
SUMA	0,0000

Con este cambio la decisión sugerida es la alternativa 2 y la menos recomendada no cambió pues sigue siendo la alternativa 4.

Este análisis de sensibilidad debiera extenderse a cualquier posible cambio en aquellos parámetros que puedan no ser absolutamente ciertos como el puntaje o atributo de cualquier alternativa en cualquier criterio.

7. CONCLUSIONES

El método PROMETHEE es, como se expresó en este trabajo, una de las posibles técnicas para resolver problemas de decisiones multicriterio discretas. Cuenta con indudables ventajas para su utilización:

- Simplicidad de cálculo de su algoritmo.
- Inexistencia de la necesidad de normalizar los puntajes de los atributos a pesar de las diferentes unidades de medida en que se expresan los mismos,
- Operación similar del algoritmo ya sea con criterios a maximizar o a minimizar.

Cualquier decisor, ante una situación determinada, podrá usar uno de los métodos existentes, a su elección, o utilizar más de uno para comparar y evaluar resultados.

También es absolutamente necesario contar con un análisis de sensibilidad de los resultados ante dudas o incertidumbre en el valor de los atributos de cada alternativa o en el otorgamiento de pesos de los criterios. Es indudable que este último aspecto, - la importancia relativa de cada criterio -, es un elemento central en cualquier proceso decisorio. De allí que no haya decisiones iguales para situaciones similares.

Los métodos de DMD son justamente de apoyo a las decisiones. El empleo de los mismos de ninguna manera asegura un buen resultado final. Simplemente ayudan a tomar mejores decisiones, más pensadas, más elaboradas, con el fin de tener una protección adicional contra un mal resultado.

Es indudable que aspectos tales como situaciones estratégicas, control de costos, problemas logísticos, abastecimiento de energía, planeamiento financiero, políticas de recursos humanos, cobertura de salud y accidentes laborales, evaluaciones de mercado, adquisiciones de negocios, reorganizaciones, establecimiento de precios, administración de operaciones, selección de inversiones, mejora de productividad, logro de medidas de calidad, asignación de recursos, tratamiento del riesgo, mecanismos de distribución, rentabilidad y controles de precios, factibilidad de exportación o importación o selección de tecnologías son algunas de las aristas de una empresa u organización que cotidianamente atrapan la atención de directivos y decisores.

También en la vida cotidiana de los individuos las decisiones son facetas presentes diariamente, más allá que haya decisiones de un nivel menor en cuanto a jerarquía o importancia y otras, decididamente relevantes en relación a sus consecuencias.

El simple ejemplo presentado en el trabajo presenta similares características a las decisiones DMD más complejas, en el sentido que siempre existen alternativas, criterios, ponderación de criterios y atributos de las alternativas en cada criterio.

Cabe entonces expresar la utilidad de emplear técnicas adicionales a la mera intuición. El decisor es quien conoce la situación en profundidad y es posible que la intuición sea fundamental en el proceso decisorio. Pero el empleo de algún o algunos métodos cuantitativos de apoyo seguramente reforzarán la protección contra un resultado adverso futuro.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ARÉVALO QUIJADA, Ma. T.; GÓMEZ DOMINGUEZ, D.; VÁZQUEZ CUETO, Ma. J.; ZAPATA REINA, A.
“Un estudio de las Cajas de Ahorros Andaluzas mediante el método multicriterio Promethee”
Estudios de Economía Aplicada, vol. 20, núm. 1, abril, 2002, pp. 5-27
Asociación Internacional de Economía Aplicada
Valladolid, España
Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo?id=30120112>
- 2) BOUYSSOU, D. (1993): “Décision multicritère ou aide multicritère?”.
Bulletin du groupe de travail européen.
Aide multicritère à la decisión. Serie 2 n°. Printemps 93
- 3) CARIGNANO C; AUTRAN MONTEIRO GOMES L. Y GONZÁLEZ ARAYA M
“Toma de decisión en escenarios complejos. Introducción a los métodos discretos del apoyo multicriterio a la decisión”.
Editorial: Pioneira Thomson Learning Ltda. ISBN: 85-2214-0354-2. Brasil., 2004
- 4) CARIGNANO, Claudia Etna; ALBERTO, Catalina Lucía; ERCOLE, Raúl Alberto
Universidad Nacional de Córdoba
“Métodos de apoyo multicriterio a las decisiones”
XXVIII Congreso Argentino de Profesores Universitarios de Costos
Mendoza, Septiembre 2005
- 5) CARIGNANO, Claudia Etna
“Métodos Multicriterio para Decisiones en Entornos Complejos”
1ª ed. – Córdoba: Asociación Cooperadora de la Facultad de Ciencias Económicas de la U.N.C., 2017.
ISBN 978-987-3840-53-1
- 6) MORENO JIMÉNEZ, José María
“Decisión multicriterio”
moreno@unizar.es
<<http://gdmz.unizar.es>>
Facultad de Económicas
Universidad de Zaragoza
- 7) ROSALES APEÑA, Miguel Dionicio
Asesor: Mag. GARRIDO ANGULO, Henry Angel
“Estudio comparativo de los métodos Promethee como herramienta de solución del problema de decisión multicriterio discreta”
Nº. Registro: T0523zar.es>
Tesis para optar el grado de Maestro en Matemática
Facultad de Económicas
Universidad Nacional Santiago Antúñez de Mayolo – Escuela de Postgrado
Huaraz – Perú, 2017
- 8) SIMON, H. A. (1955) “A behavioral model rational choice”.
Quarterly Journal of Economics. Vol. 69 N° 1, pp. 99 –114.

9) YAJURE RAMIREZ, César Aristóteles; GUZMAN, Yaismir Arlenis
“Estudio comparativo de técnicas de toma de decisiones multicriterio para la jerarquización de tecnologías de energías renovables a utilizar en la producción de electricidad”.

cyajure@gmail.com

yaismir80@gmail.com

Scientia et Technica Año XXII, Vol. 22, No. 3, septiembre de 2017. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701 273

“Comparative study of multicriteria decision making methods for renewable energy technologies ranking in electricity production”