

## **Unidad 12**

El proyecto  
y otros criterios de evaluación

## IX JORNADA DE INVESTIGACIÓN “Economía Regional, Desarrollo, Educación y Equidad”

11 y 12 de noviembre de 2010  
Facultad de Ciencias Económicas – UNL

### FORMULARIO DE INSCRIPCIÓN

<b>Título del trabajo:</b> “Utilización de métodos multicriterio adaptados. Aplicación del Proceso Analítico Jerárquico - PAJ.					
<b>Área disciplinar:</b> (marcar con una X)					
<b>Economía</b> ( X )	<b>Administración</b> ( )	<b>Contabilidad</b> ( )	<b>Educación</b> ( )	<b>Derecho</b> ( )	<b>Otra:</b> (especificar):
<b>Autor (es):</b>					
<b>Apellido y nombre</b>	<b>Univ./Fac. Ctro/Inst.:</b>	<b>Cátedra</b>	<b>Nº de documento</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Teléfono</b>
Bach, Mauricio Javier	FCE -UNL	Evaluación de proyectos	23007616	mjbach@arnet.com.ar	0343 154044980
Giupponi, Emiliano Gabriel	FCE -UNL	Evaluación de proyectos	28158450	emigiupponi@hotmail.com	154465559
Hoffmann, Federico	FCE -UNL	Evaluación de proyectos	27422333	fedeghoffmann@hotmail.com	
Sobrero, Francisco Santiago	FCE -UNL	Evaluación de proyectos	6061819	fsobrero@fce.unl.edu.ar	156111783
<b>PROYECTO DE I+D:</b>					
	<b>Denominación</b>			<b>Director</b>	
<b>CAID</b>	Decisiones de inversión publica problemas y perspectivas			<b>Francisco Sobrero</b>	
<b>PICT</b>					
<b>PICTO</b>					
<b>CONICET</b>					
<b>TESIS</b>					
<b>OTROS</b>					

## FORMULARIO DE PRESENTACIÓN DEL TRABAJO

**TITULO:**

**Utilización de métodos multicriterio adaptados. Aplicación del Proceso Analítico Jerárquico – PAJ.**

**AUTOR(ES):** (Nombre y apellido completo):

Sobrero, Francisco Santiago, Bach, Mauricio Javier, Giupponi, Emiliano Gabriel, Hoffmann, Federico

**E-MAIL DEL (LOS) AUTOR(ES):** (en el mismo orden que figuran como autores)

fsobrero@fce.unl.edu.ar; mjbach@arnet.com.ar; emigiupponi@hotmail.com; fedeghoffmann@hotmail.com

**PALABRAS CLAVES:** (máximo un renglón, separar cada una con un \*)

Evaluación\* Proyectos\* Multicriterio

**RESUMEN:** (máximo 300 palabras)

Cuando se evalúan proyectos cuyos impactos superan los aspectos financieros y económicos se hace necesario aplicar métodos que permitan valorizar aspectos institucionales, organizativos, ambientales, técnicos, sociales y políticos. Para el análisis de este tipo de proyectos se han desarrollado metodologías Multicriterios o Multiobjetivos que permiten identificar de manera más objetiva las distintas alternativas. Una de estas metodologías es el Procesos Analítico Jerárquico y el presente trabajo consiste en el desarrollo de las distintas etapas que se deben llevar a cabo y los aspectos metodológicos que se deben tener en cuenta para aplicarlo a un caso puntual.

### **INTRODUCCIÓN:** (máximo 600 palabras)

En la presente investigación se advierte la importante limitación que configura la evaluación frente a situaciones problemáticas complejas donde la intervención se manifiesta en una diversidad de impactos que exceden largamente los financieros y económicos. Se trata de considerar en la selección las dimensiones institucionales, organizativas, ambientales, técnicas, sociales y políticas.

Para el tratamiento y análisis de este tipo de problemas se han desarrollado métodos denominados de Decisión Multicriterio o Multiobjetivo (MDM), que contribuyen a resolver en parte los problemas señalados. Entre ellos se encuentra el denominado Proceso Analítico Jerárquico - PAJ (Analytic Hierarchy Process AHP).

El antecedente inmediato de estos métodos es el denominado Cuadro de Puntuación, procedimiento mediante el cual se descompone un objetivo complejo, de múltiples dimensiones, en sus atributos constitutivos más relevantes. Cada uno de estos atributos recibe una ponderación relativa que mide su importancia en la consecución del Objetivo General (Objetivo Complejo) con lo que -a la vez- se establecen valoraciones relativas entre los atributos que conforman el conjunto.

En relación con estos atributos se establecen criterios de satisfacción que son valorados por medio de escalas, que pueden ser de distinta naturaleza, tales como escalas cardinales, ordinales, nominales, dicotómicas. Precisamente, esta diversidad de escalas es la que permite capturar el grado de satisfacción de criterios sustantivamente diferentes, sean cuantitativos o cualitativos.

Las debilidades principales del Cuadro de Puntuación residen: 1) la asignación de peso relativo a los criterios se hace a partir de la subjetividad del analista, aunque esta pueda ser atenuada mediante el uso de ciertos procedimientos como el método Delphi o la ronda de expertos; y 2) En la posibilidad de que los procedimientos de puntuación contengan inconsistencias que no pueden ser verificadas.

Estas limitaciones pueden ser solucionadas –en buena medida- mediante la utilización de estos MDM, pues con ellos se puede reducir las afirmaciones conjeturales, las conclusiones no explicitadas o el comportamiento intuitivo que está íntimamente asociado al proceso de atribución de pesos relativos a los criterios y a la valoración de la medida en que las distintas soluciones propuestas (alternativas) satisfacen los objetivos específicos.

Por su parte, estos métodos muestran dos variantes, los MDM continuos y los MDM discretos.

«Los primeros se basan en la estructura general de un conjunto de funciones reales y continuas sujeto a un conjunto de restricciones bajo la forma de ecuaciones y/o inecuaciones que conforman la región factible en el espacio continuo de solución del modelo.

El conjunto de soluciones factibles puede generarse a partir del conjunto de restricciones. Este es el caso de la Programación por Metas y el denominado Simplex Multicriterio. El segundo grupo atiende los problemas de decisión discretos. Aquí las opciones son determinadas de antemano. Entre los más conocidos se encuentran la familia de métodos Electre, el Prométhée y el PAJ «.

Este último, el Proceso Analítico Jerárquico muestra ventajas en términos de simplicidad y claridad, pese a lo cual su aplicación tiene un escaso desarrollo, al punto que se encuentran solo unos pocos antecedentes en Iberoamérica, algún incipiente tratamiento en el país y es prácticamente desconocido en la práctica profesional de la Evaluación de Proyectos.

**TEXTO:** (máximo 5 páginas)

El proceso analítico jerárquico - PAJ parte de una metodología de trabajo sencilla, basada en la descomposición del problema (o el objetivo) en una estructura jerárquica.

Este proceso se fundamenta en varias etapas que se destacan a continuación:

### Primer Etapa

En una **primera etapa** se construye una jerarquía básica, conformada por el Objetivo General y los Criterios que, a su vez, pueden estar constituidos por diversos niveles jerárquicos. La jerarquía se construye de modo tal que los elementos de un mismo nivel sean del mismo orden de magnitud y puedan relacionarse con algunos o todos los elementos del siguiente nivel.

En una jerarquía típica el nivel más alto localiza el problema de decisión (objetivo). Los elementos que afectan a la decisión son representados en los niveles inmediatos inferiores, de forma que los criterios ocupan los niveles intermedios. Por último, suele representarse en el nivel más bajo, a las opciones de decisión o alternativas, aunque éstas más que conformar la estructura jerárquica constituyen las distintas respuestas posibles al problema o las posibilidades diferentes de satisfacer en algún grado el objetivo General.

Su construcción es la parte más creativa del proceso y requiere de un consenso entre todas las partes implicadas en el proceso de decisión. Esto es particularmente válido en el caso de Proyectos Complejos abordados por equipos multidisciplinarios.

La figura 1 muestra un esquema del modelo jerárquico.

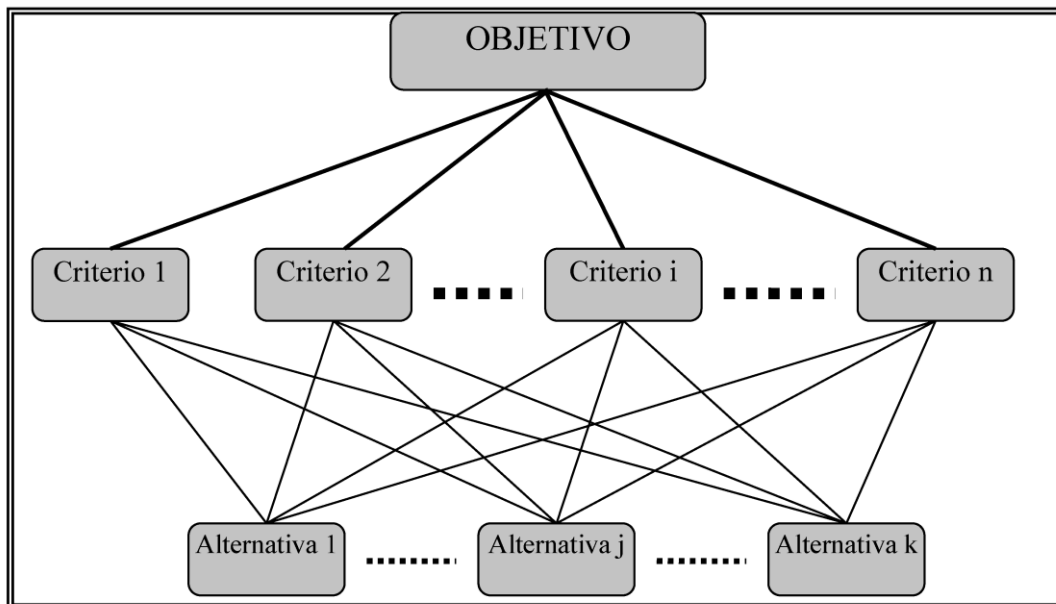


FIGURA 1

## Segunda Etapa

Una vez construida la estructura jerárquica del problema se da paso a la **segunda etapa** del proceso del PAJ: la valoración de los elementos. El decisor debe emitir sus juicios de valor o preferencias en cada uno de los niveles jerárquicos establecidos. Esta tarea consiste en una comparación de valores subjetivos “por pares” (comparaciones binarias). Estas comparaciones se basan tanto en factores cuantitativos como cualitativos.

Esta comparación puede realizarse por medio de una escala de medidas. La propuesta por Saaty <sup>1</sup> se basa en el rango 1 a 9 y consiste en la comparación de dos elementos que cuando son igualmente preferidos o importantes el decisor le asigna al par de elementos un «1»; si es moderadamente preferido se representa por «3», en el caso de fuertemente preferido por «5» y extremadamente preferido por «9». Los números pares se utilizan para expresar situaciones intermedias.

El objetivo de esta etapa es calcular la prioridad de cada elemento, tal como la define Saaty “Las prioridades son rangos numéricos medidos en una escala de razón. Una escala de razón es un conjunto de números positivos cuyas relaciones se mantienen igual si se multiplican todos los números por un número arbitrario positivo. El objeto de la evaluación es emitir juicios concernientes a la importancia relativa de los elementos de la jerarquía para crear escalas de prioridad de influencia”.

El resultado de estas comparaciones es una matriz cuadrada, recíproca y positiva, denominada «Matriz de comparaciones pareadas», de forma que cada uno de sus componentes reflejen la intensidad de preferencia de un elemento frente a otro respecto del Objetivo considerado.

A modo de ejemplo, en este paso se obtiene para cada criterio una matriz A como la que se muestra a continuación, donde se han comparado tres elementos: a, b, c:

	a	b	c
a	1	3	2
b	1/3	1	7
c	1/2	1/7	1

Según la matriz, el elemento a es dos veces más importante que c, en tanto que el a es tres veces más importante que b.

Realizada la comparación de los factores en la matriz y asignados los juicios de valor entre pares de factores, es necesario realizar el cálculo de peso ( $w_j$ ) para cada factor el cual describe en forma precisa las características de los juicios de valor considerados.

El procedimiento utilizado para obtener el vector principal consiste en completar la matriz de comparación con los valores de juicio de valor y se suma cada columna.

---

<sup>1</sup> Saaty, T. L., The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York 1980.

### Matriz de Comparaciones

	a	b	C
a	1	3	2
b	1/3	1	7
c	1/2	1/7	1
total	1,83	4,14	10,00
1/ total	0,55	0,24	0,10

El procedimiento utilizado para obtener el vector principal consiste en genera una matriz auxiliar en la que se completa cada celda con el resultado de la división cada valor de juicio por la sumatoria de la columna correspondiente. Finalmente, se promedian los valores normalizados de las filas. Este promedio corresponde al vector principal.

El resultado obtenido se puede normalizar, mediante dos procedimientos. El utilizado en el ejemplo, considerado como el más sencillo, normaliza la matriz sumando los valores en cada columna de la matriz de comparaciones pareadas, se determina el inverso de cada columna y se lo multiplica por cada elemento de la matriz y la resultante se denomina matriz de comparaciones normalizada. En el anexo se expone el otro procedimiento.

Matriz Normalizada					Vector de Prioridades
	a	B	c	Total	
a	0,55	0,72	0,20	1,47	0,49
b	0,18	0,24	0,70	1,12	0,37
c	0,27	0,03	0,10	0,41	0,14
				3,00	1,00

Sumando cada fila y dividiéndola por el total, se determina el cálculo del peso o vector principal de cada factor.

A continuación se calcula la razón de consistencia para verificar los resultados de la asignación de juicios de valor que -mas allá de las reglas claras y neutrales que puedan establecerse- pueden estar afectados por una cuota de subjetividad.

Una vez construida la escala jerárquica de objetivos, realizadas las comparaciones pareadas, concluido el análisis de consistencia y obtenido el vector de prioridades se cuenta con una valoración de la importancia relativa de cada uno de los criterios considerados.

### Tercer Etapa

El paso siguiente, **tercera etapa**, comprende el análisis de las distintas opciones (alternativas) propuestas para valorar en qué medida éstas satisfacen cada uno de los Criterios. Este grado de satisfacción puede ser

medido a partir de escalas diferentes, a saber: ordinal, cardinal, nominal, dependiendo de las particularidades del criterio.

El resultado es una matriz que, una vez obtenida, se normaliza y con ella se construye el Vector de Prioridades respectivo. Cabe notar que este análisis del desempeño de cada alternativa puede apoyarse en la información obtenida con la cual se construyó la escala específica.

#### **Cuarta Etapa**

Por último, se sintetiza el resultado a partir del aporte relativo de cada alternativa a cada uno de los criterios y del nivel de preferencia relativo atribuido a éstos, para alcanzar el Objetivo General.

Como **etapa final** de este proceso puede elaborarse un análisis de sensibilidad dado que el resultado logrado es dependiente, en buen grado, de los niveles jerárquicos establecidos por el decisor y de los juicios de valor de los elementos constitutivos de la estructura jerárquica.



## Anexos matemáticos

### Normalización

Este concepto se relaciona con la practicidad en la formulación de un modelo multicriterio, pues es común que las evaluaciones  $r_{ij}$  vengan medidas en cualquier tipo de escala conocida, tales como: Cardinal ratio, Cardinal intervalo, Ordinal, Nominal, Difusa o Probabilística.

Esto ocurre porque diferentes criterios aplicados en el problema se manifiestan en diferentes unidades de medida; por ejemplo, medidas de distancias (provenientes de distintos sistemas métricos), diferentes unidades monetarias (en tiempo y en lugar de emisión), etc.

También es posible que, aún cuando se trate de criterios considerados en igual unidad de medida, los valores que alcance cada uno de ellos sean totalmente diferentes en magnitud, lo cual arrojará alta discrepancia con los otros aplicados.

Finalmente, tal como se ha consignado al describir algunos de los métodos, se debe requerir al decisor que provea alguna forma de ordenar sus preferencias. Esta tarea se ve altamente favorecida y facilitada cuando las opciones se presentan de manera normalizada.

Por todo lo expuesto, con la normalización se busca -cuando el método aplicado lo exija- hacer comparables las distintas evaluaciones cardinales  $r_{ij}$  de los distintos criterios.

Algunas formas de normalizar los valores son:

**a) Dividir por el “mejor” valor que alcanza el criterio.** El número divisor puede ser máximo o mínimo dependiendo del sentido en que se considere el criterio. Los valores resultantes quedarán expresados como porcentaje del máximo.

$$v_i = \frac{V_i}{\max V_j}$$

**b) Dividir por el recorrido o rango que alcanza el criterio.** El número divisor en este caso es la diferencia entre el máximo y el mínimo alcanzado por el criterio. Los valores resultantes quedarán expresados como proporción del valor real con respecto a dicho rango.

$$v_i = \frac{V_i}{\max V_j - \min V_j}$$

**c) Restar del “mejor” valor el valor real o (restar el “peor” del valor real), y dividir por el recorrido o rango que alcanza el criterio.** El número divisor es el mismo del inciso b), mientras que el numerador lleva la diferencia “mejor - real” (o “real - peor”). Los valores resultantes quedan expresados como porcentaje del rango, con respecto a algún extremo.

$$v_i = \frac{V_i}{\sum V_j}$$

## Anexo

### Consistencia

Una matriz es consistente si los elementos de la matriz respetan el supuesto de (1) transitividad y (2) reciprocidad.

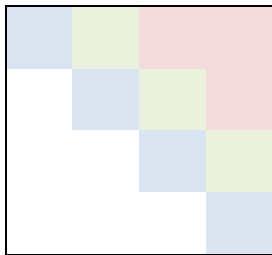
(1)  $a_{i,j} = a_{i,k} \cdot a_{k,j}$ , donde j and k son cualquier alternativa de la matriz


Ejemplo: si a determinada persona le gustan las manzanas dos veces más que las naranjas ( $a_{1,2}=2$ ) y las naranjas 3 veces más que las bananas ( $a_{2,3}=3$ ). Si a dicha persona le gustan las manzanas 6 veces más que las bananas [ $a_{1,3}=6$ ], entonces la transitividad es respetada.


(2)  $a_{i,j} = 1 / a_{j,i}$


Ejemplo: si a una persona le gustan las manzanas dos veces más que las naranjas ( $a_{1,2}=2$ ), entonces las naranjas le gustan la mitad que las manzanas ( $a_{2,1}=1/2$ ).


Estas dos reglas implican diferentes tipos de comparaciones en la matriz de decisión.



 Comparaciones sobre la diagonal principal (reflexividad). Se compara la alternativa consigo misma. El resultado es trivial.

 Comparaciones independientes. No están relacionadas con otras comparaciones. Por razones de practicidad, es mejor elegir la primer diagonal por sobre la diagonal principal para las comparaciones independientes.

 Comparaciones Transitivas. Se deducen a partir de los valores ingresados en la primer diagonal por sobre la diagonal principal.

 Comparaciones recíprocas. Se deducen usando la regla de reciprocidad.

**BIBLIOGRAFÍA:** (estrictamente vinculada al trabajo)

- 1- SAATY, T. L., *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York 1980.
- 2- FREDES, MAGIORANO, SAN JUAN FIOL, FELICE, RODRIGUEZ. Métodos cuantitativos para la administración. Capítulo 7 Decisión Multicriterio. Facultad de Ciencias Económicas y Jurídicas – Universidad Nacional de La Pampa. Año 2007.
- 3- Elena MARTÍNEZ RODRÍGUEZ, Aplicación del proceso jerárquico de análisis en la selección de la localización de una PYME, Anuario Jurídico y Económico Escurialense, XL (2007) 523-542 / ISSN: 1133-3677, Real Centro Universitario «Escorial-María Cristina» San Lorenzo del Escorial.
- 4- JORGE PILAR, Modelo de optimización multiobjetivo utilizado como sistema de apoyo a la decisión en el proceso de otorgamiento de becas en las facultades de la Universidad Nacional del Nordeste. Departamento de Hidráulica – Facultad de Ingeniería Facultad de Ciencias Económicas.
- 5- MORENO JIMÉNEZ-ESCOBAR URMENETA. El pesar en el proceso analítico jerárquico. Departamento de Métodos Estadísticos. Universidad de Zaragoza.
- 6- JOSÉ MARÍA MORENO JIMÉNEZ, ALFREDO ALTUZARRA CASAS, M<sup>a</sup> TERESA ESCOBAR URMENETA. El índice de consistencia geométrico para matrices incompletas en AHP Grupo Decisión Multicriterio Zaragoza. Facultad de Económicas. Universidad de Zaragoza.