

PROCESOS DRV: NUEVO MÉTODO PARA LA TOMA DE DECISIONES EN GRUPO

José Luis Zanazzi

Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba
Av. Vélez Sarsfield 1611. Córdoba. Argentina
[.jlzanazzi@gmail.com](mailto:jlzanazzi@gmail.com)

Luiz Flavio Autran Monteiro Gomes

Ibemec/RJ
Av. Presidente Wilson 118. Rio de Janeiro.
[.autran@ibmecrj.br](mailto:autran@ibmecrj.br)

Laura Leonor Boaglio

Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba
Av. Vélez Sarsfield 1611. Córdoba. Argentina
[.lauraboaglio@gmail.com](mailto:lauraboaglio@gmail.com)

RESUMEN

Este trabajo presenta un método orientado a facilitar la toma de decisiones en grupos donde los miembros comparten un mismo objetivo. El método combina conceptos y técnicas de Apoyo Multicriterio a la Decisión con Estadística. Incluye una dinámica conforme a reducir la incertidumbre y la imprecisión, que son típicas en este tipo de procesos. El método admite dos formas de agregación: ponderación lineal de la Teoría de la Utilidad Multiatributo Aditiva y la modalidad TODIM, basada en la Teoría de las Perspectivas. El trabajo incluye revisiones de algunas de las aplicaciones realizadas.

PALABRAS CLAVES: Decisiones en Grupo; Apoyo Multicriterio a la Decisión; Estadística

ABSTRACT

This paper presents a method designed to facilitate group decision making when this members share a common goal. The method combines concepts and technique of Multicriteria Decision Support with statistic. It includes a dynamic aiming to reduce uncertainty and imprecision, which are typical in this type of processes. The method supports two forms of aggregation: Linear Weighting of Multiattribute Additive Utility Theory and the TODIM mode, based on prospect theory. The work includes reviews of some of the applications made.

KEY WORDS: Group decision making; Multicriteria decision aid; Statistic

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta un método diseñado para facilitar la realización de procesos de toma de decisiones, en pequeños grupos de personas. El problema analizado considera que es preciso escoger una entre un conjunto finito de alternativas, y que en la valoración de alternativas deben considerarse diversos criterios, algunos de los cuales pueden estar contrapuestos entre sí.

A los fines del trabajo, se adopta la definición de Kersten (2000), que utiliza el término “team”, para referenciar las situaciones donde la responsabilidad final por la decisión recae sobre una persona, pero es deseable el aporte y compromiso de todos los integrantes. Con ese enfoque, el problema analizado puede clasificarse como “Group Decision Making”, esto es, se trata de un conjunto de personas que persigue un objetivo común. De todos modos, el método puede utilizarse en situaciones de negociación o de conflicto, en cuyo caso contribuye a evidenciar los fundamentos de las diferentes perspectivas.

Dado el tipo de problemas que se enfrentan, escoger una alternativa considerando criterios u objetivos contrapuestos, se adoptan como propios los conceptos de la denominada Decisión Multicriterio Discreta (Multicriteria Decision Aid). Esto se complementa con la utilización de variables aleatorias multidimensionales para representar las preferencias grupales.

En cuanto a la idea original que motiva el desarrollo del método, la intención es responder a debilidades que los textos especializados en administración encuentran en la decisión grupal. De manera coincidente, en Krieger (2001) o Robbins & Coulter (2000) se considera que no existe un procedimiento adecuado para tomar decisiones grupales. Los autores opinan que las decisiones resultantes se encuentran afectadas por la “presión de grupo”, lo cual empobrece el proceso, inhibe los aportes individuales y debilita la motivación.

Ante esa realidad, los DRV se proponen estimular el análisis grupal, favorecer los aportes individuales, atenuar la presión de grupo y procurar que las valoraciones tiendan a ser independientes de las posiciones de los líderes. De hecho, cuando en el análisis grupal parece que se alcanzan ciertos acuerdos, el método permite verificar si esas coincidencias aparentes, pueden considerarse como reales.

Ahora bien, entre los problemas que debe superar la decisión grupal se encuentran la necesidad de trabajar con datos imprecisos, con posturas inciertas o con datos faltantes. En estos aspectos, la metodología de análisis de los Procesos DRV incorpora una dinámica orientada a la reducción de la incertidumbre y de la imprecisión. Incluso puede trabajar sin problemas, aún ante la falta de algunos juicios. De hecho, las estrategias de agregación utilizadas permiten arribar a una decisión pese a estos problemas.

Por otra parte, el método permite incorporar la noción de riesgo al momento de representar las posturas personales respecto a la decisión a tomar. Con esa finalidad, entre las variantes de agregación, se ha incorporado una modalidad fundamentada en TODIM, conforme a Gomes, Araya & Carignano (2004), el cual ofrece como ventaja la incorporación de la Teoría de las Perspectivas, planteada por Kahnemann y Tversky (1979).

Cabe destacar asimismo, que la justificación conceptual debería considerarse como una fortaleza de los Procesos DRV. En efecto, los pasos y recursos planteados en el desarrollo son convergentes con los supuestos aceptados en campos del conocimiento como la Psicología y la Sociología.

En cuanto a publicaciones del método, corresponde precisar que ha sido presentado en Zanazzi y Gomes (2009), aunque los aspectos conceptuales básicos de la modelación se encuentran descritos en Zanazzi, Boaglio y otros (2006). La modalidad de agregación con TODIM fue expuesta en ALIO-INFORMS (Buenos Aires, año 2010), en tanto que en Gomes y Zanazzi (2010) se ha desarrollado un resumen del enfoque.

El documento inicia con una recopilación de aproximaciones hechas desde el ámbito de las metodologías de apoyo multicriterio a la decisión, a la problemática del trabajo grupal; continua luego con una recorrida por los fundamentos de otras áreas del conocimiento, que coinciden con la propuesta; luego se incluye una descripción de los Procesos DRV y por último se enumeran algunas de las aplicaciones realizadas.

2 - PROPUESTAS DEL APOYO MULTICRITERIO A LA DECISIÓN PARA EL TRABAJO GRUPAL

El problema de la decisión unipersonal con enfoque determinístico, espacio discreto de alternativas y objetivos múltiples y contrapuestos, es abordado por los métodos tradicionales de la Decisión Multicriterio Discreta (DMD). Una descripción de los mismos puede encontrarse en Gomes y otros (2004).

En cuanto a la toma de decisiones con grupos de personas, si bien existen antecedentes de aplicaciones DMD lejanas en el tiempo, el problema de la decisión grupal parece despertar un generalizado interés a partir del año 2000.

La literatura especializada recoge por ejemplo, diversas aplicaciones de conjuntos difusos a esta problemática, donde las variables lingüísticas permiten representar las diferencias de opiniones. En esta línea pueden recordarse entre otros los aportes de Saaty (1978); Tanino (1984); Herrera, Herrera-Viedma y Chiclana F (2001) y Shuo-Yan, Yao-Hui, Chun-Ying (2007).

Otras herramientas han sido utilizadas para representar las preferencias. Por ejemplo, en los aportes de Beynon, Curry y Morgan (2000) y de Beynon (2002), se aplica la Teoría Matemática de la Evidencia, de Dempster-Shafer, para representar la incertidumbre en la expresión de las preferencias.

El método VIP (Variable Interdependent Parameters), planteado en Dias y Climaco (2000a, 2000b), se adapta especialmente para situaciones con información incierta sobre los criterios de decisión, de hecho, los integrantes no proponen valores precisos, sino relaciones que el método transforma en restricciones para una posterior resolución con PL. En Dias y Climaco (2005) el método original se extiende bajo el supuesto de contar con una red informática que permite trabajar en grupo sin el requisito de la presencialidad.

También el Analytic Hierarchy Process de Saaty, es utilizado con adaptaciones para permitir la práctica grupal del tipo GDM. En ese sentido, los textos de Saaty (1978, 1996), proponen resumir los juicios del grupo utilizando la media geométrica.

Esta idea de la media geométrica ha sido muy analizada y utilizada, incluso existen trabajos que pueden considerarse clásicos en el tema, orientados a estudiar el mejor modo de aplicarla. En esta línea, Forman E y Peniwati K (1998) plantea que la media geométrica puede utilizarse sobre los juicios o sobre los pesos estandarizados, según sea el nivel de integración del grupo, y recomienda que la aplicación sobre los juicios se realice con grupos realmente integrados.

En cuanto a extensiones del método AHP a la gestión grupal, deben considerarse los aportes del grupo de decisión multicriterio de la Universidad de Zaragoza. En Altuzarra, Moreno-Jimenez y Salvador (2007), se adopta la modalidad de representar los juicios mediante modelos de regresión y se estiman los pesos de los elementos del árbol de decisión mediante una aproximación bayesiana.

La familia de métodos SMAA (Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis), también utiliza distribuciones de probabilidad multivariadas para representar la variabilidad en las preferencias. En su aporte inicial, Lahdelma, Hokkanen y Salminen (1998) plantea un método inverso para permitir que el grupo identifique la alternativa preferida.

Con la metodología SMAA, el grupo debe ordenar las alternativas de mayor a menor preferencia y aportar datos que permitan estimar las distribuciones de probabilidad de las alternativas para cada criterio. Finalmente, para cada alternativa devuelve tres indicadores que representan la proporción de veces que cada alternativa ha sido la más preferida en la simulación (aceptabilidad), un promedio de sus valores globales y evalúa la confianza de esa estimación. En el año 2001 se propone una nueva versión denominada SMAA-2, orientada a clasificar las alternativas según las preferencias del grupo.

Diversas variantes han enriquecido posteriormente a la familia SMAA, entre los que pueden recordarse la vinculación con métodos ordinales. También se utiliza el recurso de los pseudo criterios de Electre, de este modo se formulan el SMAA-3 y el SMAA-TRI. Entre los muchos aportes también corresponde destacar el denominado SMAA-P, el cual que utiliza la

Prospect Theory para representar el comportamiento de los decisores ante el riesgo. Una revisión de las diferentes versiones se encuentra en la Tesis Doctoral: Tervonen (2007).

3 – ENFOQUE SOCIOLÓGICO Y PSICOLÓGICO

El enfoque planteado en la formulación de los Procesos DRV es compatible con el conocimiento imperante en áreas del conocimiento como la sociología y la psicología. Al respecto, una idea clave es que dos o más personas que comparten un mismo grupo de trabajo, con objetivos y reglas comunes, deben establecer sus prioridades de manera similar.

Para justificar la afirmación anterior, corresponde recordar la teoría de la elección racional, presentada en Elster (1990), para estudiar los comportamientos humanos. La misma plantea el supuesto de que las personas desarrollan sus actividades como un proceso continuo de sucesivas tomas de decisiones y utiliza para representar estos procesos, conceptos que son aceptados en el campo de la decisión multicriterio discreta. En efecto, el autor acepta como válido el supuesto de que las personas buscan maximizar la satisfacción de sus objetivos o criterios al desarrollar sus actividades.

Además utiliza el concepto de función de utilidad en el planteo de sus ideas y de hecho, asume que la búsqueda individual se orienta a mejorar estas utilidades. De este modo, la adopción de herramientas típicas del apoyo multicriterio a la decisión, resulta no sólo aceptado sino también aplicado por este destacado autor.

Por su parte, Pierre Bourdieu sostiene que las personas no desarrollan elecciones libres sino que se encuentran fuertemente influenciados por factores sociales. De hecho, entiende a las acciones humanas como una conciliación entre las influencias de las estructuras sociales externas y las experiencias subjetivas del individuo.

Más concretamente, Bourdieu (1996) (1998), plantea que el individuo actúa según el ámbito en el cual se desempeña y especifica “...La parte de nuestras acciones que controlamos es muy débil con relación a aquella que incumbe a “mecanismos” que, inscriptos en nuestro cuerpo por el aprendizaje, no son pensados conscientemente sino que funcionan fuera de nosotros, según las regularidades de las instituciones.”

Desde el punto de vista de la psicología, la Teoría de la Construcción Personal desarrollada por Kelly (1991), explica el modo en que una persona puede clasificar, realizar experiencias en su entorno y adoptar en su comportamiento los resultados de esas experiencias, con lo cual se genera un cambio en su sistema de construcción personal. Es en términos de este sistema de evaluación que la persona, valora, construye y transforma su visión acerca del mundo.

Cabe señalar que, esta teoría incluye un corolario de comunalidad, el cual según Boeree (1999), señala que siempre que dos personas emplean construcciones de experiencias semejantes, sus procesos psicológicos deben ser similares.

Ahora bien, una combinación de las opiniones de estos referentes de la sociología y de la psicología, invita a plantear que las acciones de las personas pueden ser modeladas como un proceso de decisión multicriterio. Por otra parte, si los miembros del grupo utilizan la Teoría de Utilidad Multiatributo para asignar utilidades, tanto a los criterios como a las alternativas y con independencia unos de otros, dichas asignaciones deben estar condicionadas por el ambiente en que operan.

Claro que si estas personas forman parte de una misma organización, dicho condicionamiento puede considerarse una característica deseable en tanto facilita el trabajo conjunto. Más aún, esta vinculación puede considerarse como evidencia del nivel de desarrollo alcanzado por la llamada “cultura organizacional”. Dicho de otro modo, cuando el equipo de trabajo se encuentra consolidado, las acciones individuales deben estar especialmente condicionadas por el interés y los criterios del conjunto.

4 - REVISIÓN DE LOS PROCESOS DRV

El DRV supone un problema por el cual, un grupo de personas debe seleccionar una entre un conjunto finito de alternativas. En la notación adoptada por los DRV, el subíndice i referencia a las alternativas, en tanto que I es la cantidad total de alternativas. Por otra parte, el subíndice j señala a los criterios, siendo J el número de criterios considerados. Finalmente el subíndice n designa a los miembros del equipo, en tanto que N es la cantidad total de participantes.

Es importante destacar que se asume que los miembros tienen objetivos comunes, es decir que se trata de un caso de “Group Decision Making” (GDM), conforme a la definición de Holsapple (1991). Además se considera que el grupo se encuentra en condiciones de identificar y definir las alternativas, además de adoptar en conjunto los criterios necesarios para su análisis.

Entre las características distintivas de los Procesos DRV, se destaca la preocupación por hacer posible que todos los miembros puedan efectuar aportes al trabajo de análisis y que los juicios individuales no se encuentren condicionados o limitados por la presión del grupo. De esta manera se espera enriquecer el conocimiento sobre el problema y favorecer el compromiso posterior de los integrantes con la decisión adoptada.

Ahora bien, se reconocen en la estructura del método tres etapas: estabilización del proceso de decisión; agregación de preferencias y ordenamiento de alternativas. En el presente apartado se realiza un resumen de los aspectos centrales de cada fase.

4.1 – Estabilización

A partir del supuesto de que el grupo responde a un objetivo común y además tiene reglas que generan puntos de vista compartidos, se acepta que sus integrantes se encuentran en condiciones de construir un árbol de decisión, como lo propone Saaty (1996). Una vez construido el árbol, el método conduce al análisis de cada uno de los subproblemas, a fin de hacer valoraciones relativas de los elementos de decisión (alternativas y criterios).

Cuando las apariencias hacen pensar que los integrantes logran desarrollar una visión común acerca del subproblema bajo estudio, el método requiere que de manera individual se realice una asignación de utilidades a los elementos que lo componen, lo cual puede hacerse con una función de utilidad cardinal, de acuerdo a lo propuesto en Keeney & Raiffa (1993).

La asignación de utilidades a dichos elementos es una tarea individual y se efectúa del mismo modo, tanto para los criterios como para las alternativas. Para un subproblema cualquiera, sea W_k la variable aleatoria multidimensional que representa la importancia o preferencia adjudicada a un elemento genérico k , por los miembros del grupo, expresada como utilidad estandarizada con la regla de la suma.

Los resultados pueden representarse en términos de la suma de cuadrados de las utilidades, del modo siguiente:

$$SC_{total} = \sum_{k=1}^K (\bar{w}_k - \bar{\bar{w}})^2 + \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N (w_{kn} - \bar{w}_k)^2 \quad (1)$$

Donde $\bar{\bar{w}}$ es la media general y \bar{w}_k es el promedio para cada una de las ramas. En el segundo miembro de (1), el primer término puede denominarse: suma de cuadrados entre elementos (SCE) y el segundo: suma de cuadrados dentro de los elementos (SCD).

Si los participantes efectúan una asignación cuando se inicia el análisis, es razonable esperar una dispersión elevada. En los términos usuales de la GDM, esto introduce un nivel extremo de imprecisión en el proceso decisional, e incluso genera incertidumbre al ordenar los elementos conforme a las preferencias.

La sumatoria SCD es la que representa las diferencias entre las opiniones y la que debe disminuir a medida que progresa el análisis. A los efectos de contrastar esta sumatoria con algún valor de referencia, Zanazzi y Gomes (2009) recomienda calcular una suma total de cuadrados representativa de la condición de falta de acuerdo SCU.

Así entonces, es posible suponer que a medida que progresa el análisis del subproblema, la suma de cuadrados SCD desciende desde un valor cercano a SCU hasta un mínimo propio de la estabilidad.

Entonces se observa que a medida que progresa el análisis, la dispersión tiende a reducirse de manera sostenida hasta arribar a una condición de variabilidad mínima, a partir de la cual las asignaciones individuales no presentan cambios significativos, aún cuando se continúe con el estudio. En esta situación se considera que el proceso de análisis se ha tornado estable y la condición del mismo se denomina de estabilidad.

En el estado estable, la variable aleatoria puede ser entendida como una suma de muchos efectos, con intensidades similares. Conforme a Zanazzi y otros (2006), cuando el grupo alcanza una cierta homogeneidad en sus opiniones, es razonable pensar que al realizar sus valoraciones individuales, los integrantes asignan mayor o menor peso a cada elemento dependiendo de una gran cantidad de condiciones. Entonces, puede proponerse que:

$$W_k = \sum_{l=1}^L Y_l \quad (2)$$

Donde las variables Y_l representan los múltiples efectos que influyen sobre el decisor individual, en el momento de asignar peso al elemento k .

De modo adicional, para facilitar el seguimiento del proceso, puede utilizarse el denominado Índice de Variabilidad Remanente (*IVR*), que se obtiene como sigue:

$$IVR = (SCD / SCU) * 100\% \quad (3)$$

En la práctica, puede suponerse que valores de *IVR* por debajo de veinticinco por ciento, son propios de la estabilidad.

Por otra parte, conforme a Zanazzi & Gomes (2009), cuando se alcanza la condición estable en un determinado subproblema, es razonable encontrar alguna de las siguientes condiciones:

- ✓ El grupo tiene cohesión, lo que en términos de probabilidades significa que todas las utilidades asignadas a cualquier elemento k , pueden representarse con una única distribución normal.
- ✓ No se logra cohesión, lo que hace necesario utilizar dos o más normales para representar a las utilidades asignadas.

4.2 - Agregación

Una vez que se ha completa el análisis del árbol de decisión y se alcanza la estabilidad en cada una de las ramas, es posible definir una distribución normal para cada criterio y una normal para cada alternativa respecto a cada criterio.

En estas condiciones, los procesos DRV contemplan dos modalidades de agregación: Ponderación Lineal y estrategia TODIM. En la primera opción, que por otra parte es usual para los métodos que utilizan la Teoría de la Utilidad Multiatributo (MAUT) propuesta por Keeney y Raiffa (1993), las valoraciones globales para las alternativas se representan con una nueva variable aleatoria multidimensional V , la cual se define del siguiente modo:

$$V_i = \sum_{j=1}^J C_j * W_{ij} \quad (4)$$

En la expresión anterior, el vector aleatorio C_j representa a las ponderaciones de los criterios, las variables aleatorias multidimensionales W_{ij} corresponden a las utilidades estandarizadas de la alternativa i , bajo el criterio j . Por último, la variable aleatoria multidimensional V_i hace referencia al valor global de cada una de las alternativas.

Ahora bien, Zanazzi y Gomes (2009) demuestra que cuando se aplica Ponderación Lineal, las valoraciones globales V_i de las alternativas, también pueden ser representadas con una

distribución normal multivariada. En el mismo artículo se proponen expresiones que permiten determinar tanto las medias como las varianzas de las distribuciones marginales de cada alternativa.

En cuanto a la modalidad de agregación TODIM, ofrece la ventaja de permitir representar las actitudes de los integrantes del grupo frente al riesgo. Esto se justifica en la Teoría de las Perspectivas (Prospect Theory, PT), formulada por Kahnemann y Tversky (1979).

En Gomes y Zanazzi (2010), se explica de manera extensiva esta modalidad. La misma requiere calcular matrices de dominancia parcial y una matriz de dominancia final. La medida de dominancia parcial de cada alternativa i sobre cada alternativa m , bajo el criterio j , incorporando la PT, es dada por la siguiente expresión:

$$\delta_{im} = \sum_{j=1}^J \Phi(i, m) \quad \text{para todo } 1 \leq i \leq I, 1 \leq m \leq I \quad (5)$$

donde:

$$\Phi(i, m) = 0 \quad \text{cuando } i = m \quad (6)$$

$$\Phi(i, m) = \sqrt{\frac{a_{rj}(\bar{w}_{ij} - \bar{w}_{mj})}{\sum_{j=1}^J a_{rj}}} \quad \text{cuando hay ganancias, es decir } \bar{w}_{ij} > \bar{w}_{mj} \quad (7)$$

$$\Phi(i, m) = -\frac{1}{\theta} \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^J a_{rj}(\bar{w}_{ij} - \bar{w}_{mj})}{a_{rj}}} \quad \text{cuando hay pérdidas, es decir } \bar{w}_{ij} < \bar{w}_{mj} \quad (8)$$

El término $\Phi(i, m)$ representa la porción de contribución del criterio j a la función δ_{im} , cuando se compara la alternativa i con la alternativa m . Por otra parte, a_{rj} es la tasa de sustitución que permite comparar a cualquier criterio j con un criterio adoptado como referencia con subíndice r .

Cuando \bar{w}_{ij} es mayor que \bar{w}_{mj} , se genera una ganancia al pasar de la alternativa m a la alternativa i ; el monto de ganancia es expresado por la ecuación (7). En cambio, cuando \bar{w}_{ij} es menor que \bar{w}_{mj} , el paso de la alternativa m a la alternativa i genera una pérdida, que se cuantifica con la expresión (8).

A continuación, se determina la matriz de dominancia final, a través de la suma de los elementos de las matrices parciales. La dominancia global de la alternativa i , se calcula como sigue:

$$V_i = \sum_{m=1}^I \delta_{im} \quad (9)$$

4.3 – Ordenamiento

Como consecuencia de la fase de agregación, cualquiera sea la modalidad utilizada, para cada una de las I alternativas y para cada integrante del grupo, puede obtenerse un valor global de las utilidades asignadas. Entonces, las preferencias del equipo después de realizar un estudio completo del problema, se representan mediante valores V_{in} , donde i es el número de

alternativa y n señala al integrante del grupo. Es decir, se tiene un conjunto de I muestras de N valores globales.

Ahora bien, sea $A^{(i)}$ una alternativa de decisión cualquiera, entonces el promedio de las valoraciones asignadas a cada $A^{(i)}$ puede considerarse como medida de la utilidad que el grupo reconoce a la misma en su conjunto. Esto es, puede suponerse que cuando el promedio de las utilidades globales de $A^{(1)}$ es mayor que el de $A^{(2)}$, entonces $A^{(1)}$ es preferible a $A^{(2)}$.

Sin embargo, estos promedios son sólo resultados muestrales, entendidos como aproximaciones de las verdaderas preferencias. Cabe entonces investigar si las diferencias encontradas pueden considerarse como estadísticamente significativas. Para ello conviene aplicar en forma repetida la prueba estadística de comparación de medias para variables dependientes

En efecto, sea D_{sr} una variable aleatoria que representa la diferencia entre las valoraciones globales asignadas por cada individuo a las alternativas s y r respectivamente, donde el promedio de $A^{(s)}$ es mayor al de $A^{(r)}$. Luego, la hipótesis nula $H_0: E(D_{sr}) = 0$ —no hay diferencia significativa entre los verdaderos pesos globales promedio de las alternativas s y r respectivamente— contra la alternativa $H_1: E(D_{sr}) > 0$ —hay una diferencia significativa— puede analizarse mediante la aplicación del siguiente estadístico:

$$T = \frac{\bar{d}_{sr}}{S_{sr}/\sqrt{N}} \quad (10)$$

Cuando H_0 es cierta, la cantidad T tiene distribución t de Student con $(N-1)$ grados de libertad. En esta aplicación de pruebas repetidas, es conveniente reducir la probabilidad de cometer Errores de Tipo I (ETI). Con esa finalidad se aplica la tasa de falso descubrimiento (FDR), propuesta por Benjamini & Hochberg (1995), con la modalidad sugerida en Benjamini & Yekutieli (2001). De este modo, el valor límite de p puede encontrarse haciendo:

$$p_{(l)} \leq \frac{\alpha}{L \sum_{m=1}^L \frac{1}{m}} \quad (11)$$

Donde α representa el nivel de significación elegido por el investigador para las pruebas individuales, L es la cantidad de hipótesis puestas a prueba y $p_{(l)}$ es el valor p obtenido en la prueba de H_1 . El procedimiento consiste en ordenar los valores p en orden ascendente, compararlos con el segundo miembro de la desigualdad (11) y encontrar el máximo número M de prueba para el cual se verifica la desigualdad. De este modo se rechazan H_1, H_2, \dots, H_M con una considerable ganancia en la potencia de las pruebas y la consiguiente disminución de probabilidad de cometer ETI.

5 – APLICACIONES DE LA METODOLOGÍA

Los procesos DRV han sido utilizados en diversas aplicaciones, con objetivos variados. Algunas de las experiencias realizadas comprenden sólo la primera etapa, la de estabilización del proceso de análisis, en tanto que otras comprenden desarrollos completos. En los siguientes párrafos se presentan algunas de estas experiencias.

5.1 Diseño de un Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo

La experiencia se concreta en el Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial (LIMI), de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales dependiente de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Participan cinco personas, que integran un equipo de trabajo orientado al diseño e implementación de un sistema de gestión de mantenimiento, para los

elementos electromecánicos de presas de embalse y diques construidos en distintas cuencas hídricas de la Provincia de Córdoba.

Para diseñar el programa de mantenimiento es necesario: determinar las condiciones de operatividad de los medios de control y sistemas auxiliares instalados; detectar los modos de falla de estos elementos y establecer prioridades de intervención en base a un análisis de criticidad de las componentes del sistema. Por ese motivo, el objetivo central de esta aplicación DRV es lograr que los profesionales intervinientes adopten puntos de vista similares al evaluar las necesidades de mantenimiento de los elementos electromecánicos y al valorar la urgencia de las reparaciones.

A los fines del análisis de criticidad, se realiza una adaptación del método de Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE). Por ese motivo, es preciso asignar valoraciones a los siguientes criterios: Gravedad de la falla; Probabilidad de ocurrencia de la falla y Capacidad de detección. La fase de estabilización de los Procesos DRV es establecer las categorías a utilizar en el AMFE y los pesos relacionados con cada una de estas categorías.

La dinámica utilizada para cada uno de los criterios es similar. En primer lugar se elabora una definición del criterio, luego para cada criterio se adoptan cuatro categorías y se elaboran en conjunto las definiciones de las mismas. A continuación y con la finalidad de analizar si los aparentes acuerdos realmente son tales, se asignan utilidades para cada categoría, conforme a la función anteriormente planteada.

Luego, se investiga si es posible considerar estabilizado el proceso. Como se precisa anteriormente, la metodología contempla dos modalidades para realizar esta inferencia: verificar si puede suponerse que las utilidades estandarizadas se comportan como normales; analizar el valor del Indicador IVR.

Para el caso del criterio Gravedad, por ejemplo, en el primer intento, las dos primeras categorías (Crítica y Severa), muestran comportamientos que pueden provenir de una distribución normal; mientras que las dos últimas (Moderada y Leve), se apartan de la normalidad. De manera adicional, el IVR obtenido fue de 35,16 %, un valor que puede considerarse demasiado elevado.

Los resultados anteriores indican que es necesario retomar la discusión para detectar y analizar cuáles son los aspectos en los que no se consigue un punto de vista común. En esta nueva etapa del proceso, se hace hincapié en las principales diferencias existentes en el equipo.

Luego del intercambio de opiniones, se solicita una segunda asignación de utilidades, obteniendo un comportamiento aceptablemente normal en todas las categorías. Además, el IVR se reduce sensiblemente, con un valor apenas superior al 11%.

La actividad se completa con el análisis de los otros dos criterios, los cuales muestran una evolución similar. El resultado final se considera satisfactorio, dado que los integrantes logran profundizar su conocimiento de la problemática y adoptar criterios y puntos de vista semejantes para realizar las evaluaciones e interpretarlas.

5.2 - Aplicación en una Cooperativa de Servicios Públicos

La experiencia que se describe a continuación se concreta en una entidad cooperativa que provee diversos servicios a la localidad de Río Ceballos, cercana a la ciudad de Córdoba, Argentina. El ejercicio tiene por objeto desarrollar un método para definir las compras extraordinarias que se realizan con los excedentes económicos que suelen presentarse en la entidad.

La idea básica es que las distintas áreas de la Cooperativa realizan habitualmente solicitudes de recursos especiales y que los mismos se atienden sólo en el momento en que se dispone de excedentes. Se requiere entonces de un método que permita establecer prioridades con base objetiva, para definir cuáles requerimientos van a ser atendidos.

En el ejercicio participan doce personas, entre los que se encuentran dependientes, los principales directivos y algunos miembros del consejo de la entidad. Una primera reunión permite seleccionar cuatro criterios de análisis: urgencia del pedido; vinculación con los objetivos generales de la entidad; costo del elemento solicitado; potencial de autofinanciamiento del bien que se pide adquirir. De manera adicional, se define categorías a considerar en cada criterio.

Luego, el estudio transita por cinco etapas. Las cuatro primeras orientadas al análisis de las categorías identificadas dentro de cada criterio. La quinta, dirigida a comparar y priorizar los criterios entre sí.

Cada una de las etapas se inicia con una discusión sobre el significado de los términos. Por ejemplo, para el criterio Urgencia, se elabora una definición sobre lo que se entiende por severa o por leve. Además se requirieren ejemplos de cada caso. Cuando el análisis compartido se considera satisfactorio, los participantes deben adjudicar utilidades a las diferentes categorías, de modo individual.

En el caso del Criterio Urgencia, se consigue la normalidad y un IVR menor al 12 % en el primer intento de asignación de utilidades. En cambio, al analizar las categorías del criterio Objetivos se obtiene un resultado inaceptable, dado que el IVR resulta ser 60,41%. Cabe precisar que este tipo de situaciones se encuentra con frecuencia, es decir, en apariencia los integrantes están de acuerdo, pero al asignar utilidades evidencian que en realidad subsisten las diferencias.

En la primera aplicación de este método se analizan las cinco alternativas siguientes:

A1: computadoras personales. Adquisición de equipos informáticos tipo PC, para reforzar los cursos de computación que se realizan en la entidad.

A2: aire acondicionado. Instalación de un sistema de refrigeración en la Casa Azul, espacio destinado a las actividades culturales y realización de espectáculos.

A3: utilitario. Adquisición de una camioneta para transportar máquinas y herramientas.

A4: martillo neumático. Adquisición destinada a facilitar el trabajo de las cuadrillas.

A5: asistencia externa. Contratación de un servicio de consultoría para continuar el estudio de procesos y el desarrollo de un sistema de gestión de la calidad.

A continuación se adopta la modalidad de agregación TODIM, por lo que las utilidades asignadas se estandarizaron a la escala (0,1) con la regla de la suma. Al determinar la matriz de dominancia global, conforme a lo planteado en la sección 4.2, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 1: Matrices de dominancia (global y estandarizada), para diferentes valores de Θ

Alternativas	$\Theta = 1$			$\Theta = 5$			$\Theta = 10$		
	v	ξ	Rango	v	ξ	Rango	v	ξ	Rango
A1	-5,494	0,432	3	-0,474	0,218	3	0,153	0,145	3
A2	-8,017	0,197	4	-1,239	0,049	4	-0,392	0	5
A3	-10,13	0	5	-1,458	0	5	-0,374	0,004	4
A4	0,589	1	1	3,053	1	1	3,361	1	1
A5	-3,185	0,548	2	0,708	0,48	2	1,195	0,423	2

Según estos resultados, la alternativa preferida es la adquisición del martillo neumático, seguida por la contratación de asistencia y la compra de computadoras. Por otra parte, la sensibilidad respecto del parámetro de pérdidas es baja, ya que al cambiar Θ desde uno hasta diez, sólo se advierte una inversión de rangos entre las alternativas A2 y A3.

Como se plantea anteriormente es conveniente analizar si las diferencias encontradas entre las valoraciones globales, conforme a lo planteado en la sección 4.3, pueden considerarse significativas. Esto puede hacerse, mediante la aplicación de TODIM con cada uno de los integrantes del grupo.

Luego, para probar la significación, es preciso calcular las diferencias entre los valores asignados por los integrantes a cada par de alternativas. A continuación se prueba la hipótesis de que la media de las diferencias es igual a cero, contra la alternativa de que es distinta. En este caso las diferencias resultaron en general significativas, con la excepción de la pareja A2-A3, con lo que se concluye que estos elementos pueden considerarse equivalentes.

6 – CONCLUSIONES

El artículo propone una metodología, construida con aportes de distintas disciplinas, que facilita el desarrollo de procesos de toma de decisiones en grupo de personas. Para su implementación la propuesta sólo utiliza conceptos básicos de métodos DMD, herramientas de Estadística y el sostén de una computadora personal.

Las experiencias de aplicación realizadas hasta el momento son positivas, evidencian facilitar el intercambio y la conducción del proceso. En todos los casos, las consignas son comprendidas y aplicadas sin dificultad por los participantes.

En el desarrollo del proceso de decisión grupal, esta metodología contribuye específicamente en los siguientes aspectos: organiza la tarea del equipo de participantes dado que provee una modalidad estructurada de trabajo; estimula el proceso de análisis del problema, brinda un modo objetivo de expresar las preferencias; favorece la realización de aportes individuales de todo el grupo; permite establecer cuándo se ha obtenido un adecuado nivel de profundización en dicho análisis y consecuentemente incrementa el compromiso con la decisión compartida.

Cabe destacar que el método no tiene grandes requerimientos informáticos. Muy por el contrario, una computadora personal y una planilla de cálculo estándar pueden ser suficientes para su implementación.

7- REFERENCIAS

- Altuzarra, A., Moreno-Jiménez, J. & Salvador, M.** (2007), *A Bayesian prioritization procedure for AHP-group decision making*, European Journal of Operational Research, 182-1, 1 October 2007, pp 367-382.
- Benjamini Y, Hochberg Y** (1995), *Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to a multiple testing*, Journal of the Royal Statistical Society, Serie B (Methodological), -Vol, 57-, No. 1, pgs. 289,300.
- Benjamini Y, Yekutieli D** (2001), *The control of the false discovery rate in multiple testing under dependency*, The Annals of Statistics, -Vol. 29-, No. 4, pgs. 1165, 1188.
- Beynon, M.** (2002), *DS/AHP method: a mathematical analysis, including an understanding of uncertainty*, European Journal of Operational Research, Vol. 140, No. 1, pp. 148-164.
- Beynon, M., Curry, B., Morgan, P.** (2000), *The Dempster-Shafer theory of evidence: an alternative approach to multicriteria decision modeling*, Omega, Vol. 28, pp. 37-50.
- Booree, G.** (1999), *George Kelly, Personality and Theories*, Tomado de <http://www.ship.edu/~cgbooree/kellyesp.html>.
- Bourdieu, P.** (1996), *Cosas dichas*, Gedisa, Barcelona.
- Bourdieu, P.** (1998), *Capital cultural, escuela y espacio social*, Siglo XXI editores, México.
- Dias, L., Clímaco, J.** (2000a), *Additive aggregation with variable interdependent parameters: The VIP analysis software*, Journal of the Operational Research Society, 51, 1070-1082.
- Dias, L., Clímaco, J.** (2000b), *ELECTRE TRI for groups with imprecise information on parameter values*, Group Decision and Negotiation, 9, 355-377.
- Dias, L., Climaco, J.** (2005), *Dealing with imprecise information in group multicriteria decisions: a methodology and a GDSS architecture*, European Journal of Operational Research, 160, 291-307.
- Elster, J.** (1990), *Tuercas y tornillos: una introducción a los conceptos básicos de las ciencias sociales*, Gedisa, Barcelona.
- Forman, E. & Peniwati, K.** (1998), *Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process*, European Journal of Operational Research, 108, pp. 165-169.
- Gomes, L.F.A.M.; Araya, M.C.G.; Carignano, C.** (2004), *Tomada de decisão em cenários complexos*, Pioneira Thomson Learning, São Paulo.

- Gomes, L y Zanazzi** (2010), *Análisis Multicriterio con Múltiples Decisores: Aplicación Combinada de los Métodos TODIM y Procesos DRV*, Presentado a evaluación revista Gestao e Producao, Brasil.
- Herrera, F., Herrera-Viedma, E. & Chiclana, F.** (2001), *Multiperson decision-making based on multiplicative preference relations*, European Journal of Operational Research, Vol. 129, 2, pp. 372-385.
- Holsapple C** (1991), *Decision Support in Multiparticipant Decision Makers*, Journal of Computer Information Systems, pp. 37-45.
- Kahneman D.; Tversky A.** (1979), *Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk*, Econometrica, 47 (2), 263-291.
- Keeney, R. & Raiffa, H.** (1993), *Decisions with multiple objectives: preferences and value tradeoffs*, J. Wiley.
- Kelly, G.** (1955, 1991), *The psychology of personal constructs (vols. 1 y 2)*, London, Routledge.
- Kersten, G.** (2000), *Support for Group Decisions and Negotiations- An Overview*. In J. Climaco, editor, *Multicriteria Analysis*, pages 332-346, Springer-Verlag.
- Krieger, M.** (2001), *Sociología de las organizaciones. Una introducción al comportamiento organizacional*, Pearson Education, Buenos Aires.
- Lahdelma, R., Hokkanen, J. & Salminen, P.** (1998), *Stochastic Multiobjective Acceptability Analysis*, European Journal of Operational Research, 106, pp. 137-143.
- Robbins, S. & Coulter, M.** (2000), *Administración*, Sexta edición, Prentice Hall, México.
- Saaty, T.** (1978), *Exploring the interface between hierarchies. Multiple Objectives and Fuzzy Sets*, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 1, 1, pp. 57-68.
- Saaty, T.** (1996), *Decision making for leaders: the analytic hierarchy process in a complex world*, 3d, Ed. RWS Publications, Pittsburg, USA.
- Shuo-Yan Ch., Yao-Hui Ch., Chun-Ying Sh** (2007), *A fuzzy simple additive weighting system under group decision-making for facility location selection with objective/subjective attributes*, European Journal of Operational Research, 189, pp132-145.
- Tanino T** (1984), *Fuzzy preference orderings in group decision-making*, Fuzzy Sets and Systems, 12, pp. 117-131.
- Tervonen, T.** (2007), *New directions in Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis*, Tesis doctoral, University of Turku, Finlandia.
- Zanazzi, J., Carignano, C., Boaglio, L., Dimitroff, M. & Conforte, J.** (2006), *Metodología para apoyar la toma de decisiones en equipo*, Revista EPIO, 27, pp. 61-74.
- Zanazzi, J. & Gomes, L.** (2009), *La búsqueda de acuerdos en equipos de trabajo: el método Decisión con Reducción de la Variabilidad (DRV)*, Pesquisa Operacional, 29, 1, pp. 195, 221.