

# MÉTODO MULTICRITERIO CARDINAL DE DECISIÓN EN GRUPO CON ALTERNATIVAS CLASIFICADAS POR CATEGORÍAS

JOSÉ FRANCISCO ZANAZZI <sup>(1)</sup> – CATALINA L. ALBERTO <sup>(2)</sup>

(1) Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial (LIMI). Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales – Universidad Nacional de Córdoba  
(2) Facultad de Ciencias Económicas – Universidad Nacional Córdoba

*jfzanazzi@gmail.com - catalina.alberto@gmail.com*

Fecha recepción: Febrero 2020

Fecha aprobación: Mayo 2020

## RESUMEN

Este artículo estudia la problemática de tomar decisiones con enfoque multicriterio, en grupos cuyos miembros comparten objetivos. Estos procesos ofrecen ventajas: aprendizaje colaborativo, convergencia de prioridades y conductas, compromiso con las acciones acordadas. Como contrapartida, requieren tiempo y pueden resultar tediosos, cuando las decisiones son sistemáticas y deben tomarse frecuentemente. También pueden ser afectados por la presión grupal, que inhibe los aportes individuales y dificulta la construcción de compromisos, o por perturbaciones en la información disponible (imprecisión, incertidumbre o carencia de algunos datos). Por ello, el trabajo presenta un método que estructura un problema con una cantidad finita de criterios y que adopta para cada uno, un conjunto de categorías que permiten clasificar a las alternativas analizadas. Las prioridades de los criterios y las preferencias de las categorías, se representan mediante utilidades cardinales de tipo subjetivo. La propuesta incluye dinámicas para reducir la presión de grupo, las perturbaciones y los tiempos necesarios. El documento incluye una aplicación al tratamiento de no conformidades, en un proceso productivo. Entre las conclusiones, se destacan las siguientes: los participantes adoptaron sin inconvenientes la metodología y lograron consensuar las categorías. Además, convinieron en que la propuesta permite reducir significativamente los tiempos de análisis.

**PALABRAS CLAVE:** Análisis multicriterio para la toma de decisiones - Toma de decisiones en grupo – Evaluación por categorías – Presión de grupo – Aprendizaje grupal

## ABSTRACT

This article studies the problem of making decisions with a multi-criteria approach, in groups whose members share objectives. These processes offer several advantages: collaborative learning, convergence of priorities and behaviors, higher level of commitment to agreed actions. On the

other hand, these exercises require time and can be tedious when decisions are made systematically and with high frequency. There are also drawbacks to be overcome, because these processes can be affected by group pressure, which inhibits individual contributions and makes it difficult to build commitments, or by disturbances in the available information (imprecision, uncertainty or lack of some data). For this reason, the paper presents a method that structures the problem with subjective criteria and a set of categories that facilitate its evaluation. Priorities and preferences are represented by cardinal utilities. The proposal includes procedures aimed at reducing peer pressure, disruption and time required. The work includes an application to the treatment of nonconformities, in a productive process. Among the conclusions, the following stand out: the participants adopted the methodology without inconveniences and they were able to agree on the categories. In addition, they agreed that the proposal allows for a significant reduction in analysis times.

**KEYWORDS:** Multi-criteria analysis for decision making - Group Decision Making - Evaluation by categories - Group pressure - Group learning

## 1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de tomar decisiones en grupo, en entornos complejos, es un requerimiento habitual en diferentes tipos de organizaciones. Con frecuencia, la estructura del problema de decisión permite la aplicación de métodos multicriterio, donde las preferencias y prioridades de los integrantes del equipo de trabajo, se expresan mediante utilidades de tipo cardinal.

Conforme a las características del grupo, pueden presentarse diferentes situaciones. Una posibilidad es que los integrantes pertenezcan a una misma organización y que por ese motivo, tengan objetivos compartidos. Otra, es que no compartan objetivos, pero que sea posible realizar un proceso de negociación que contribuya a encontrar soluciones aceptables para todas las partes interesadas. Una tercera, es que los miembros tengan objetivos incompatibles y que, por ese motivo, sea imposible intentar una negociación (Kersten, 1997).

Si se adopta la clasificación enunciada en el párrafo anterior, el presente artículo se enfoca en problemas del primer tipo. En general, pese a compartir objetivos, estos grupos presentan heterogeneidad tanto en conocimientos, como en prioridades y preferencias. Estas diferencias pueden originar divergencias en las conductas de los integrantes del equipo de trabajo (Franco LA., Rouwette EA., Korzilius H., 2016). Las divergencias ocurren de forma espontánea y de modo fluido, tal que muchas ideas y conductas son generadas en una pequeña cantidad de tiempo. Estas divergencias generan la necesidad de discutir las perspectivas y esa posibilidad de intercambio, permite desarrollar instancias de aprendizaje, donde se comparten experiencias y conocimientos. Luego que los procesos creativos de pensamiento divergente han sido completados, las ideas e información son organizadas y estructuradas usando un proceso de pensamiento convergente.

Por ese motivo, es conveniente que más allá de la decisión propiamente dicha, los procesos de toma de decisiones faciliten la convergencia de las conductas de los integrantes. La convergencia genera compromiso y empodera las acciones decididas, siempre que el diálogo y los intercambios tengan en cuenta la influencia social y eviten la polarización.

Es deseable generar espacios de construcción colaborativa de conocimientos, de modo que se facilite la obtención de los siguientes productos: decisión propiamente dicha, incremento en los niveles de conocimiento compartido, homogeneidad de prioridades y preferencias, y especialmente, compromiso con el plan de acción adoptado.

La posibilidad de lograr los productos enumerados, aumenta bajo ciertas condiciones. Por un lado, es conveniente la participación en el análisis, de los propios interesados. En efecto, Brocklesby (2016) plantea que, si los usuarios de un sistema conocen las metodologías utilizadas en su desarrollo y participan activamente en su implementación, entonces se incrementa sensiblemente su compromiso con las acciones acordadas.

Más aún, los procesos de análisis se enriquecen cuando se estimula el aporte de todos los miembros. Para ello, es preciso evitar la denominada presión de grupo, que puede generarse en la tendencia de los actores a acomodar sus posiciones a la postura mayoritaria, o en la influencia de algunos líderes, que impiden o condicionan los aportes individuales (Montibeller y Winterfeldt, 2015).

Por otra parte, la información que se gestiona en el estudio del problema, suele estar contaminada por diferentes perturbaciones (Richards y Duxbury, 2015), entre las que se encuentran las siguientes: imprecisión, producida por los errores inherentes al sistema de medición considerado; incertidumbre, causada por las variaciones internas y externas y carencia de datos, cuando no es posible contar con todos los aportes requeridos (Smets, 1991) (Jiao L., Pan Q., Liang Y., Feng X., Yang F., 2016).

Tanto la presión de grupo como las perturbaciones en la información, pueden tener efectos negativos. Estos efectos incluyen dificultades para obtener aportes reales de los participantes, deterioro de los aprendizajes colectivos e imposibilidad de arribar a consensos que garanticen el compromiso de los involucrados (Franco, 2013) (Franco et al., 2016) (Henao y Franco, 2016) (Ackermann, 2012).

Más allá de esas cuestiones, un requerimiento habitual es que el mismo proceso de decisión pueda ser realizado con diferentes conjuntos de alternativas y en momentos distintos. Por ejemplo, sea el caso de una empresa de telefonía móvil que periódicamente debe seleccionar nuevos empleados, y que desea aplicar siempre los mismos criterios, con idénticas prioridades. Otro ejemplo, es el caso de un sistema de gestión de calidad, donde es preciso adoptar un proceso estandarizado para seleccionar posibles acciones correctivas, para diferentes tipos de fallas. En situaciones como éstas, resulta tediosa la comparación de todas las alternativas entre sí, en el marco de los criterios adoptados, para cada vez que se necesite realizar una

elección. El trabajo se facilita si se opera con una cantidad fija de categorías para cada criterio. En estos casos, la tarea se reduce a clasificar las distintas alternativas en las categorías previamente seleccionadas y valoradas. Luego, un procedimiento de agregación apropiado, puede aplicarse para ordenar dichas alternativas, conforme a sus niveles de importancia o preferencia (Saaty, 2014).

Es decir, la matriz con criterios que se utiliza para seleccionar la alternativa es una estructura estable, que no es preciso actualizar en cada aplicación, a menos que cambien las prioridades o necesidades de la organización. Esta posibilidad disminuye los tiempos y aumenta la flexibilidad del proceso decisional. En consecuencia, mejoran las chances de que los grupos utilicen y aprovechen la metodología.

Ante esa problemática, este trabajo presenta un método de toma de decisiones en grupo que estructura el problema de decisión con criterios subjetivos y un conjunto de categorías o clases, previamente definidas y valoradas, que facilitan la evaluación de dichos criterios. Para establecer la valoración relativa de las categorías, las preferencias se representan mediante utilidades cardinales. La propuesta incluye procedimientos orientados a reducir, tanto la presión de grupo como las perturbaciones en la información. La estructuración del problema, la definición de sus criterios y la valoración por categorías permite generar un modelo que se puede utilizar cada vez que sea necesario, sin tener que realizar nuevas comparaciones. Luego, se evalúan las alternativas disponibles en la estructura de criterios previamente definida.

En cuanto a la organización de este documento, después de la Introducción se realiza una revisión de antecedentes bibliográficos sobre el tema. Luego, se plantean los fundamentos conceptuales de la metodología propuesta y se describe el modo de aplicarla. Se realiza una aplicación parcial en una empresa de producción de bienes. En el cierre, se plantean conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Al revisar antecedentes bibliográficos, surge que, dentro de las metodologías multicriterio, se ha puesto énfasis en proponer métodos que permitan clasificar diferentes elementos en un conjunto de categorías, previamente definidas (Dias I. C., Antunes, C. H., Dantas, G., De Dastro, N., & Zamboni, I., 2018; Doumpos y Zopounidis, 2018; Köksalan M., Mousseau, V., & Özpeynirci, S., 2017). En general, el paradigma dominante es el de la decisión individual, solo algunas de las aproximaciones planteadas operan con modelos ajustados mediante un trabajo grupal (López J. C. L., Carrillo, P. A. Á., & Valenzuela, O. A., 2018).

En cambio, el problema de clasificar elementos en clases, con la finalidad de obtener una valoración de cada alternativa, que permita ordenamientos de la menor a la mayor preferencia, es mucho menos

explorado. Entre las excepciones, se encuentran los aportes de Saaty (2014), esencialmente orientados al paradigma de la decisión individual.

Por otra parte, cuando se trabaja en toma de decisiones con grupos que comparten sus objetivos, es importante determinar si los procesos de aporte de opiniones son convergentes o divergentes. Al respecto, es conveniente contar con herramientas metodológicas que ayuden a generar convergencia en las prioridades y preferencias. Staggs SM., Bonito JA., Ervin JN. (2018) experimentó con grupos recientemente constituidos, a fin de identificar los requerimientos necesarios para que la convergencia se logre en tiempos razonables. Entre los requerimientos identificados se encuentran tanto elementos cognitivos como de conducta.

Cuando el proceso de convergencia es exitoso, se considera alcanzado el consenso. Este concepto es una cuestión clave en las diferentes aproximaciones. Es costumbre construir medidas de consenso mediante el uso de funciones de similitud, para cuantificar la cercanía de las prioridades y preferencias de los expertos. El uso de una métrica que describe la distancia entre las preferencias de los participantes, permite la definición de funciones de similitud; cuando estas funciones se ubican dentro de ciertos umbrales, se supone que el equipo de trabajo ha alcanzado el buscado consenso.

De todos modos, estos enfoques presentan aristas discutibles. Una de las cuestiones es que las diferentes métricas conducen tanto a resultados diferentes, como a velocidades distintas en la convergencia (Del Moral M. J., Chiclana, F., Tapia, J. M., & Herrera - Viedma, E., 2018) (Pérez et al., 2018).

Por otra parte, el consenso grupal no es un asunto matemático, sino un estado que evidencia el grado de entendimiento desarrollado por el grupo. Con esa idea, además de los procedimientos de cálculo, es conveniente proponer modelos que permitan verificar el consenso y valorar el grado de similitud que el grupo muestra respecto de esos modelos (Zanazzi, 2016).

Obviamente, tanto la convergencia como el consenso, deben lograrse sin forzar las opiniones mediante la presión de grupo. Ackerman F., Yearworth, M. & White, L., (2018), aseguran que, en los análisis realizados en forma grupal, se desarrollan una gran cantidad de micro-procesos que explican tanto las conductas individuales como las vinculaciones y relaciones que se establecen entre los participantes. El trabajo de Ackerman alerta sobre la tendencia a realizar aplicaciones netamente cuantitativas que generalmente no tienen en cuenta la relevancia de esos micro-procesos.

Respecto al tratamiento de la incertidumbre e imprecisión presentes en los datos, resulta interesante efectuar una comparación entre enfoques que reúnen una importante cantidad de aplicaciones en casos reales. El modo tradicional de agregar las opiniones de un grupo, es mediante la media geométrica de los datos disponibles. En este caso se acepta la existencia de imprecisión e incertidumbre, pero se avanza igualmente en busca de una decisión, sin que preocupe la posible existencia de divergencias significativas (Forman y Peniwati, 1998; Shih HS., Shyur HJ., Lee ES., 2007).

Otra posibilidad es la planteada por el método denominado SMAA 2. En este caso, se reconoce la existencia de perturbaciones que se modelan con variables aleatorias. Se utiliza la Distribución Uniforme, para representar la incertidumbre y la imprecisión, en los pesos de los criterios. Pero esta distribución implica aceptar que los miembros del grupo tienen valoraciones completamente diferentes para los criterios considerados y que, por lo tanto, no existe consenso acerca de las prioridades (Tervonen, 2014; Zhang Q., Lai K.K., Yen J., 2019).

Al respecto, Montibeller y Winterfeldt (2015) señalan que, aunque se ha prestado especial atención a las modalidades de obtención de juicios (probabilidades, valores, ponderaciones, etc.) para los procesos de toma de decisiones y el análisis de riesgos, los inconvenientes generados por posibles distorsiones en la información disponible, han sido subestimados. Sin embargo, es conveniente trabajar con estas perturbaciones y distorsiones para reducirlas.

Esta realidad es reconocida por un grupo de artículos que identifica la existencia de ruido en los datos y busca reducirlos, antes de intentar la agregación (Dong y Saaty, 2014), (Dong y Cooper, 2016). Un problema es que los mecanismos propuestos para reducir las perturbaciones, no se preocupan por atenuar la presión de grupo. Por otro lado, solo algunos métodos procuran reducir las perturbaciones de manera integral, mientras que otros solo las abordan de manera parcial.

En suma, un método de toma de decisiones en grupo que permita desarrollar procesos eficaces, que contribuyan a la convergencia de conductas y al desarrollo de compromisos, debería tener las siguientes cualidades: utilizar dinámicas que faciliten la convergencia de las posturas individuales, adoptar modelos conceptuales que representen las situaciones de consenso, disponer de rutinas que permitan reducir las perturbaciones en la información y aplicar procedimientos que minimicen los efectos negativos de la influencia de líderes o de la presión de grupo.

En los artículos recorridos en esta revisión, no se identifican metodologías que satisfagan estos requerimientos en su totalidad. Se identifica un *gap* que conviene analizar y cubrir, porque el descuido de estas cuestiones puede conducir a que los miembros del equipo de trabajo desarrollen conductas divergentes y a que no tengan verdadero compromiso con el plan de acciones trazado (Franco et al., 2016).

### **3. PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA**

#### **3.1 Características del problema analizado**

Sea el caso de un grupo de personas que estudian un problema de decisión multicriterio discreto donde todos los miembros están de acuerdo con su definición y con la necesidad de resolverlo. En lo que sigue, el tamaño se designa como  $N$  y el subíndice  $n$  identifica a los integrantes. Se supone que pueden operar como equipo de trabajo, es decir que tienen objetivos comunes y un cierto nivel de cohesión. Por otro lado, el grupo necesita comparar en

forma sistemática, una gran cantidad de elementos para definir prioridades o preferencias entre los mismos. Bajo estas condiciones, deberían ser capaces de realizar las siguientes tareas:

- Elaboración del objetivo general: consiste en una verbalización del objetivo del proceso decisional que debe ser elaborada en plenario.
- Selección de los criterios a considerar: consiste en seleccionar las herramientas con las que se van a medir y comparar las alternativas entre sí. Estos criterios son subjetivos, en el sentido de Gomes LFam., González Araya MC., Carignano C., (2004). Para cada uno, es preciso adoptar tres cualidades, definición del criterio propiamente dicho, objetivo a conseguir y métrica a utilizar en su valoración. Los criterios se identifican con el subíndice  $j$  y la cantidad total se designa como  $J$ .
- Identificación de categorías de evaluación para los diferentes criterios: incluye la especificación de las categorías a utilizar y la adopción de sentido para cada categoría. Como notación, en este documento el símbolo  $l_j$  designa el número de categorías a utilizar en la valoración del criterio número  $j$ , en tanto que el subíndice  $i$  se usa para representar cada una de estas categorías.
- Construcción del árbol de la decisión: es la representación del problema en un gráfico con forma de árbol, conforme a la propuesta de Saaty (2014). La FIGURA 1 ilustra el diagrama.

A partir de ese diagrama y a los fines de una explicación adecuada, conviene dividir el proceso general en sub-problemas. Así entonces, la comparación a la luz del Criterio  $i$ , puede considerarse como un sub-problema. Del mismo modo, la asignación de criterios entre sí y de las ponderaciones a los mismos, plantea un nuevo sub-problema.

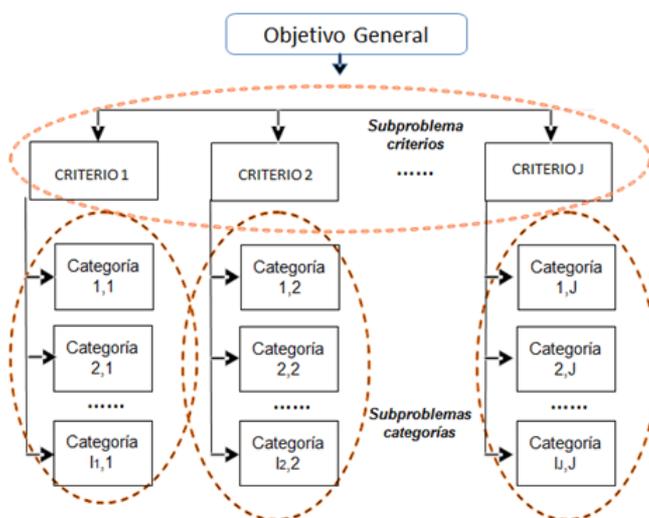


FIGURA 1: Árbol de la decisión

Es necesario analizar los diferentes sub-problemas y comparar entre sí los elementos que lo integran. El análisis debe hacerse en plenario, de modo que todos los miembros del grupo puedan expresar sus opiniones y comprender las posturas del resto. En este sentido, son bienvenidas las experiencias y conocimientos previos que tienen los integrantes. Incluso es posible plantear y poner a consideración del conjunto, cualquier supuesto o creencia subyacente sobre el tema. Es necesario que se entiendan las diferentes posiciones, para lo cual conviene intercambiar elementos de juicios y experiencias.

La tarea de análisis conjunto genera una reducción marcada en las perturbaciones que afectan a los datos. En efecto, al iniciar el estudio de un sub-problema, las posturas de los participantes pueden ser completamente dispersas. Sin embargo, al progresar la tarea, las posiciones deben tender a converger.

Para verificar si existe convergencia, el grupo debe expresar sus prioridades y valoraciones con el auxilio de una función de utilidad cardinal, conforme a las especificaciones de Keeney y Raiffa (1993). Si la asignación de utilidades se realiza de manera individual, con independencia entre los participantes, los datos obtenidos pueden considerarse como muestras de variables aleatorias multidimensionales.

Una pregunta interesante es: ¿Cómo deberían ser las distribuciones de probabilidad marginales, de los elementos comparados? Conforme al trabajo de Zanazzi J. (2016), al iniciar el análisis, cuando las opiniones del grupo son divergentes, se supone una distribución aproximadamente Uniforme. En cambio, cuando después de los ejercicios de estudio y verbalización, las prioridades y valoraciones convergen, la distribución debería tender a ser Normal.

Bajo esa idea, en cada sub-problema debe generarse una convergencia que permita reducir la incertidumbre y las imprecisiones. En términos de la metodología propuesta, ese proceso se denomina "Estabilización". Cuando el proceso se estabiliza y el comportamiento es aproximadamente Normal, puede considerarse que el grupo ha logrado alcanzar un cierto nivel de consenso respecto al sub-problema analizado.

### **3.2 Modelo propuesto**

Se analiza un modelo que permite representar situaciones donde el grupo ha conseguido estabilizar todos los sub-problemas y evidencia convergencia en los mismos. En ese caso, puede pensarse en el proceso completo como un arreglo de variables aleatorias multidimensionales, con distribuciones marginales normales para cada criterio y para cada una de las categorías definidas. La situación se esquematiza en la FIGURA 2.

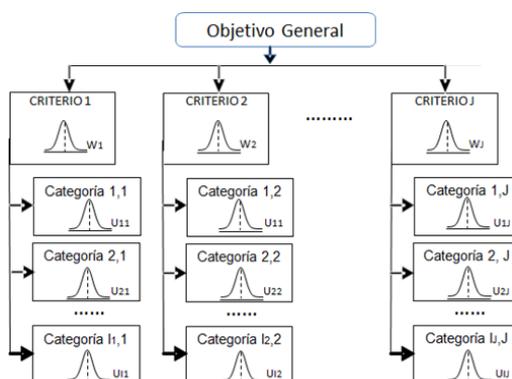


FIGURA 2: Distribuciones normales en el árbol de decisión

A fin de establecer la notación necesaria, se define lo siguiente:  $w_{jn}$ : ponderación asignada al criterio  $j$  por el individuo  $n$ . Puede ser considerada como una realización de una variable aleatoria normal  $W_j$ , con media  $\mu_{W_j}$  y varianza  $\sigma_{W_j}^2$ .

$u_{ijn}$ : utilidad estandarizada asignada por el individuo  $n$ , a la categoría  $i$ , bajo el criterio  $j$ . Es una observación realizada sobre la variable aleatoria  $U_{ij}$ , que tiene distribución normal con media  $\mu_{U_{ij}}$  y varianza  $\sigma_{U_{ij}}^2$ . Corresponde aclarar que el rango de variación de los subíndices es el siguiente:

$i$ : identifica a la categoría  $1 \leq i \leq I$

$j$ : identifica al criterio  $1 \leq j \leq J$

$n$ : identifica al integrante del grupo  $1 \leq n \leq N$

Luego, la variable aleatoria  $(W_j, U_{ij})$ , tiene distribución Normal Bidimensional. En cuanto a sus propiedades, cabe recordar que los supuestos básicos de la decisión multicriterio llevan a pensar que la asignación de utilidades efectuadas respecto al criterio  $j$ , ha sido realizada de manera prescindente de la ponderación efectivamente recibida por dicho criterio. Con este razonamiento, las variables deben ser independientes entre sí y el coeficiente de correlación entre  $W_j$  y  $U_{ij}$ , debe valer cero.

La expresión (1) formula la Función de Densidad conjunta, de esta Normal Bidimensional.

$$f_{W_j, U_{ij}}(w_{jn}, u_{ijn}) = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\sigma_{W_j} \sigma_{U_{ij}}} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{w_{jn} - \mu_{W_j}}{\sigma_{W_j}} \right)^2} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{u_{ijn} - \mu_{U_{ij}}}{\sigma_{U_{ij}}} \right)^2} \quad (1)$$

El aporte parcial al peso que cada individuo asigna a la categoría  $i$ , con cada criterio  $j$ , puede obtenerse como el producto de las dos cantidades

anteriores. Es posible definir entonces una variable aleatoria unidimensional  $Z_{ij}$ , que represente dichas asignaciones, con la expresión (2).

$$Z_{ij} = W_j * U_{ij} \quad (2)$$

La suma de estas contribuciones parciales, permite obtener el valor global de cada alternativa, por la sumatoria de la expresión (3).

$$V_i = \sum_{j=1}^J W_j * U_{ij} = \sum_{j=1}^J Z_{ij} \quad (3)$$

Ahora bien, la identificación de una distribución de probabilidad para la variable aleatoria unidimensional  $Z_{ij}$ , requiere un análisis más cuidadoso. En principio, la operación que es preciso realizar para obtener su distribución acumulada, se presenta en la expresión (4).

$$F(z) = P(W_j * U_{ij} < z) = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\sigma_{W_j} \sigma_{U_{ij}}} \iint_{(w,u) \in \{W_j * U_{ij} < z\}} e^{-\frac{1}{2} \left[ \left( \frac{u_j - \mu_{U_{ij}}}{\sigma_{U_{ij}}} \right)^2 + \left( \frac{w_j - \mu_{W_j}}{\sigma_{W_j}} \right)^2 \right]} dw du \quad (4)$$

Donde  $F(z)$  es precisamente la función de distribución de probabilidad acumulada. Por otra parte, la integral debe realizarse sobre la región donde el producto de las dos variables consideradas, resulta ser menor que  $z$ . Pero, surge un problema debido a que dicha expresión es una función de tipo gaussiano y no tiene primitiva, por lo que resulta imposible efectuar la integración necesaria de manera analítica. Por ese motivo, en Zanazzi (2016) se aproxima esta distribución por diferentes caminos y se llega a la conclusión de que los valores globales  $Z_{ij}$  pueden ser representados con Distribuciones Normales con los parámetros planteados en las expresiones (5) y (6).

$$E(Z_{ij}) = \mu_{Z_{ij}} = E(W_j) * E(U_{ij}) \quad (5)$$

$$\text{Var}(Z_{ij}) = \sigma_{Z_{ij}}^2 = (E^2(W_j) + \text{Var}(W_j)) * (E^2(U_{ij}) + \text{Var}(U_{ij})) - E^2(W_j) * E^2(U_{ij}) \quad (6)$$

Cabe recordar que, en todo el ámbito de la decisión multicriterio, los criterios deben ser escogidos de modo tal que midan cualidades diferentes. Si esto es así, entonces corresponde pensar que las valoraciones que recibe la alternativa  $i$ , para los criterios  $j$  y  $(j+1)$ , pueden nuevamente ser consideradas como independientes entre sí. Con lo cual, para obtener los parámetros de las distribuciones de los valores globales  $V_i$ , es posible hacer la suma directa de los parámetros de los diferentes productos, conforme a las expresiones (7) y (8).

$$E(V_i) = \sum_{j=1}^J E(Z_{ij}) = \sum_{j=1}^J \mu_{Z_{ij}} \quad (7)$$

$$\text{Var}(V_i) = \sum_{j=1}^J \text{Var}(Z_{ij}) = \sum_{j=1}^J \sigma_{Z_{ij}}^2 \quad (8)$$

### 3.3 Estimación de parámetros del modelo

La estimación de parámetros se realiza con un procedimiento tipo mínimos cuadrados. En efecto, si se considera de manera genérica que en un cierto sub-problema hay K elementos a comparar, y se denomina  $u_{kn}$  a la utilidad estandarizada con la regla de la suma, asignada al elemento k por el individuo n, con  $k = 1, 2, \dots, K$  y  $n = 1, 2, \dots, N$ . Los resultados del estudio de cada sub-problema pueden representarse en términos de la suma de cuadrados de los  $u_{kn}$ , del modo siguiente:

$$SC_{total} = \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N (u_{kn} - \bar{u})^2 \quad (9)$$

Esta sumatoria puede desagregarse en dos componentes, del siguiente modo:

$$SC_{total} = \sum_{k=1}^K (\bar{u}_k - \bar{u})^2 + \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N (u_{kn} - \bar{u}_k)^2 \quad (10)$$

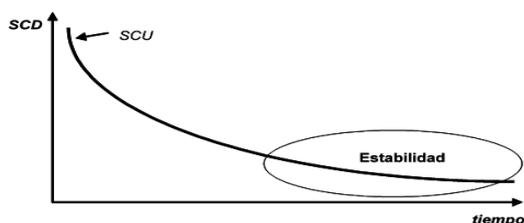
En la expresión anterior,  $\bar{u}$  es la media general de las utilidades asignadas, en tanto que  $\bar{u}_k$  es el promedio para el elemento k. En el segundo miembro de la igualdad, el primer término puede denominarse: suma de cuadrados entre elementos (SCE). Por su parte, el segundo: suma de cuadrados dentro de los elementos (SCD).

La sumatoria SCD es la que representa las diferencias entre las opiniones individuales respecto al elemento número k. Por ese motivo, es la que debe disminuir a medida que progresa el análisis, como lo muestra la Figura 3. A los efectos de contrastar esta sumatoria con algún valor de referencia puede suponerse que al iniciar el análisis del sub-problema, la peor situación posible es que las medias verdaderas de los elementos sean iguales y que las distribuciones sean uniformes.

Con esta idea, la peor condición posible, en cuanto a falta de acuerdo entre los integrantes del equipo, se produce cuando se verifican los siguientes supuestos: las medias de las utilidades para cada elemento k, son iguales a la inversa de la cantidad K de elementos comparados; las distribuciones de probabilidad de las utilidades son uniformes, entre cero y dos veces la media; la varianza muestral es equivalente a la varianza de la uniforme. Bajo estas condiciones, se puede calcular una suma total de cuadrados de referencia (SCU), del siguiente modo:

$$SCU = K(N-1) \frac{\left(\frac{2}{K}\right)^2}{12} = \frac{N-1}{3K} \quad (11)$$

Así, es posible suponer que a medida que progresa el análisis del sub-problema, la suma de cuadrados SCD desciende desde un valor cercano a SCU, hasta un mínimo propio de la estabilidad, como lo muestra la FIGURA 3:



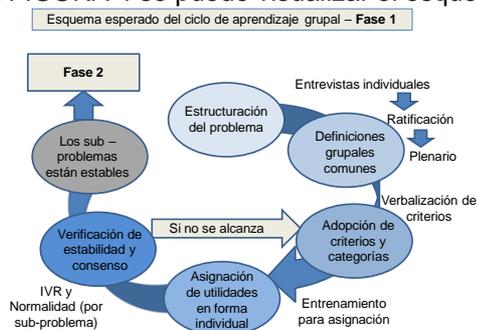
**FIGURA 3:** Evolución de la Suma de Cuadrados Dentro (SCD)

Como se planteó anteriormente, en la condición estable, cuando se reducen suficientemente las perturbaciones que afectan el proceso y convergen las posturas individuales, las utilidades asignadas deben comportarse de una manera compatible con la Distribución Normal. Con esta idea, la estabilidad puede ser verificada mediante la realización de un análisis estadístico de los datos. Para reducir el efecto de presión del grupo, se recomienda devolver a los participantes medidas que no permitan acomodar las utilidades individuales a la tendencia general. También es conveniente realizar pruebas de normalidad y publicar sus resultados.

De todos modos, si la cantidad N de participantes es reducida, los análisis anteriores pueden conducir a interpretaciones ambiguas. Por ese motivo, Zanazzi (2016) recomienda utilizar un indicador adicional denominado Índice de Variabilidad Remanente (IVR). Para obtener esta cantidad, se utiliza la expresión (12). Valores de IVR menores a 0,30, pueden considerarse compatibles con una situación de estabilidad y de aceptable consenso.

$$IVR = (SCD / SCU) \times 100\% \quad (12)$$

En resumen, luego de la asignación de utilidades tanto el indicador IVR como el análisis estadístico de los resultados  $u_{kn}$  obtenidos con los N individuos, permite inferir si la condición de estabilidad se considera satisfecha. En caso de que esta verificación resulte satisfactoria, corresponde iniciar el análisis de un nuevo sub-problema. De no ser así, se retoma la actividad en plenario y se analizan las posibles causas para las diferencias encontradas. En la FIGURA 4 se puede visualizar el esquema propuesto.



**FIGURA 4:** Etapas del modelo aplicado

#### 4. METODOLOGÍA SUGERIDA

La metodología propuesta tiene dos fases; la primera permite estructurar el problema de decisión y estimar los parámetros de las distribuciones marginales de cada sub-problema; la segunda consiste en aplicar periódicamente el modelo obtenido, a los diferentes problemas que pueden resultar de interés para el grupo.

Para la primera fase, se utilizó el siguiente proceso:

- a) Se realizaron entrevistas individuales con cada uno de los integrantes del grupo, a fin de obtener una primera lista de los criterios a considerar y de las categorías a utilizar en cada criterio.
- b) Se adoptaron los criterios definitivos. Para cada criterio el grupo elaboró en conjunto, definiciones sobre sus significados. La actividad se desarrolló en reunión plenaria, donde se analizó el sub-problema Criterios, mediante las siguientes actividades:
  - b.1) Cada miembro del grupo, ordenó estos criterios de la mayor a la menor prioridad; a continuación, indicó "cuántas veces es más importante el criterio número  $j$ , respecto al  $(j+1)$ ". Estos valores se agregaron mediante una productoria. Finalmente se obtuvieron las utilidades estandarizadas a la escala (0, 1), con la regla de la suma.
  - b.2) Se estudió el conjunto de utilidades asignadas, por medio de la verificación de normalidad, el resumen estadístico y el cálculo del indicador IVR.
  - b.3) Si los resultados obtenidos no fueron satisfactorios, se devolvió al grupo información indirecta sobre los datos. Por ejemplo, valor de IVR, resultados de la prueba de normalidad, diagramas de caja.
  - b.4) Se retomó el análisis hasta lograr aparentes acuerdos.
  - b.5) Se realizó una nueva asignación de utilidades.
  - b.6) Cuando los resultados fueron satisfactorios, se pasó al estudio de los otros sub-problemas.
- c) Una vez construido consenso respecto a los criterios, en reunión plenaria se adoptaron las categorías a utilizar para la valoración de cada criterio y se elaboraron definiciones de cada categoría. A continuación, se analizó cada uno de los sub-problemas que deben permitir clasificar las Alternativas, mediante las siguientes actividades:
  - c.1) Cada miembro del grupo comparó las categorías adyacentes entre sí, respondiendo la siguiente pregunta: "cuántas veces más importantes es la categoría número  $i$ , respecto a la  $(i+1)$ ". Estos valores se agregaron mediante una productoria. Finalmente se obtuvieron las utilidades estandarizadas a la escala (0, 1), con la regla de la suma.

c.2) Se estudió el conjunto de utilidades asignadas, por medio de la verificación de normalidad, el resumen estadístico y el cálculo del indicador IVR.

c.3) Si los resultados obtenidos no fueron satisfactorios, se devolvió al grupo información indirecta sobre los datos. Por ejemplo, valor de IVR, resultados de la prueba de normalidad, diagramas de caja. Se volvió al paso 2.

c.4) Si los resultados fueron satisfactorios, se pasó al estudio de los siguientes sub-problemas.

Realizadas las etapas anteriores, puede desarrollarse la segunda fase del método. Es decir, el análisis de diferentes cantidades de alternativas. Este proceso tiene las siguientes actividades:

- a) Se toma una alternativa y se la clasifica en las categorías adoptadas para cada uno de los criterios.
- b) Se calculan los valores estimados de media y desvío para cada criterio, mediante las expresiones (13) y (14).

$$\bar{z}_{ij} = \bar{w}_j * \bar{u}_{ij} \quad (13)$$

$$\hat{\sigma}_{z_{ij}}^2 = (\bar{w}_j^2 + \hat{\sigma}_{w_j}^2) * (\bar{u}_{ij}^2 + \hat{\sigma}_{u_{ij}}^2) - \bar{w}_j^2 * \bar{u}_{ij}^2 \quad (14)$$

- c) A partir de estos resultados, las estimaciones de la media y la varianza de los valores globales de cada alternativa, se obtienen mediante las expresiones (15) y (16).

$$\bar{v}_i = \sum_{j=1}^J \bar{z}_{ij} \quad (15)$$

$$\hat{\sigma}_{v_i}^2 = \sum_{j=1}^J \hat{\sigma}_{z_{ij}}^2 \quad (16)$$

## 5. APLICACIÓN: TRATAMIENTO DE NO CONFORMIDADES EN UN PROCESO PRODUCTIVO

Una empresa dedicada a la industria aeroespacial, solicita asistencia para resolver problemas relativos a los requisitos dispuestos por los clientes y por la norma AS9100:2016/AS9100D, que estandariza los requerimientos para los sistemas de gestión de calidad en este sector productivo.

Los clientes firman contratos de producción con estrictas condiciones de entrega, relativas a la calidad del producto y a los tiempos. En dichos instrumentos se establecen sanciones y multas en caso de incumplimiento. Se acuerdan los precios del intercambio comercial y se estipulan en el contrato.

La fábrica registra múltiples No Conformidades en sus líneas de producción, que deben ser identificadas y trabajadas. Son nombradas IMNC (informe de materiales no conformes) y se tratan específicamente en un área de la empresa que aplica distintos métodos para resolverlas. Entre ellos, se

destaca el método de resolución de problemas A3. Estas IMNC afectan el cumplimiento de los tiempos estipulados en los contratos, y aumentan sustentablemente los costos de producción. Por otro lado, en las auditorías de los organismos que regulan la Norma AS: 9100, observan la inexistencia de mecanismos efectivos para el análisis de las causas raíces de estas fallas, como así también, de un parámetro de referencia (objetivo) con el cual cotejar el desempeño de la actividad y detectar una posible desviación, a fin de tomar las acciones pertinentes. Concretamente la empresa tiene más de 2000 IMNC para realizarles el análisis requerido por los organismos.

Se coordinaron entrevistas semi-estructuradas, individuales y presenciales, con los dueños de los procesos para obtener información sobre la problemática. Con los resultados de esas entrevistas, se organizaron encuentros grupales presenciales para aplicar diversas metodologías tendientes a promover la discusión, compartir conocimientos, favorecer la construcción de aprendizajes conjuntos y generar consensos en el grupo. Luego, se utilizó un método matemático multicriterio discreto grupal para tomar las decisiones necesarias. Estas actividades grupales tuvieron una duración total de 6 horas.

Finalmente, se definió la matriz de decisión a utilizar para valorar y priorizar cada no conformidad. Permite evaluar gran cantidad de IMNC en forma sistemática y en poco tiempo, sin necesidad de alguna preparación específica previa por parte de los participantes.

## **6. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

### **6.1 Entrevistas cualitativas semi-estructuradas, individuales y presenciales**

Para la estructuración del problema, se realizaron 16 entrevistas con agentes directamente relacionados con las IMNC. Los resultados de esos encuentros se documentaron, se analizaron y saturaron de modo que permitieran encontrar definiciones comunes sobre la problemática de la empresa. Hubo coincidencias en: la necesidad de gestionar las no conformidades, reducir los costos y cumplir con los tiempos asumidos por contrato.

Se acordaron y verbalizaron algunas premisas: “la empresa debe encontrar una metodología que le permita clasificar y gestionar las IMNC. Esto implica la priorización de gran cantidad de no conformidades para poder brindarles el tratamiento acorde”. “La resolución de distintas fallas supone que las acciones serán diferentes, conforme el tipo de problema”. “La organización debe definir criterios apropiados para clasificar las IMNC”.

Esta actividad se realizó en un ejercicio plenario donde se compartieron los resultados más importantes de las entrevistas con los 16 participantes. En ese ejercicio se descubrió que además de la cantidad de IMNC existentes, había dificultad para poder agruparlas y así, obtener mediciones. Esta situación implica que las métricas de no conformidades que registra la empresa no ofrecen confiabilidad.

Bajo estas limitaciones y con las falencias en la información disponible se propuso acordar criterios comunes que puedan ser valorados en forma simple, a través de categorías. Se discutieron y definieron criterios con sus respectivas categorías. Los resultados se disponen en la TABLA N° 1.

CRITERIOS	CATEGORIAS
URGENCIA: Se valora como la proximidad de ejecución de las tareas siguientes afectadas por alguna o varias novedades.	Muy Urgente
	Poco Urgente
	Nada Urgente
COMPLEJIDAD: Está asociado al tiempo de resolución de la novedad. Se tiene en cuenta el análisis de la no conformidad y el tiempo de ejecución del retrabajo.	Alta
	Media
	Baja
COSTO PROMEDIO DE RESOLUCIÓN: Se aplica el valor promedio de resolución de la IMNC resultante de la cantidad de horas de mano de obra directa e indirecta y el costo de materiales.	Bajo
	Medio
	Alto
GRAVEDAD: Evalúa el impacto que la novedad produce. Se define si el producto afecta o no la seguridad en vuelo, conforme requisitos de la norma.	Afecta
	No afecta
OCURRENCIA: Frecuencia de la aparición de las novedades	Muy frecuente
	Frecuente
	Poco frecuente

**TABLA 1:** criterios y categorías.

Los participantes deben definir preferencias sobre los criterios y las categorías, de forma de obtener una matriz de pesos para clasificar las IMNC. Para ello, se realiza una nueva jornada de actividad grupal.

## 6.2 Método DRV para toma de decisiones grupales con alternativas valoradas por categorías

En la Fase 1, se compararon los sub-problemas (criterios y sus respectivas categorías), para priorizar que características considera más importantes el equipo de trabajo. En este caso, luego de la discusión y verbalización de premisas comunes durante el plenario, los participantes asignaron utilidades en forma individual. Las comparaciones de a pares y la asignación individual de las preferencias, permitieron reducir la presión grupal y otros condicionamientos.

Durante el análisis del sub-problema de valoración de criterios, fue necesario realizar dos iteraciones. En la primera iteración, no se logró estabilizar el problema. Ante ese hecho, se devolvió a los participantes información indirecta sobre los resultados obtenidos (IVR y algunas representaciones estadísticas). Este carácter indirecto de la devolución, tuvo la finalidad de no condicionar las futuras evaluaciones.

Se retomó la actividad en plenario y se revisaron las definiciones de los criterios adoptados. Cuando el grupo pareció alcanzar un nuevo acuerdo, se requirió a los participantes una segunda asignación de utilidades por

criterio. Las asignaciones estandarizadas obtenidas en este nuevo intento, se presentan en la TABLA 2.

Estimaciones	CPR	Ocurrencia	Complejidad	Urgencia	Gravedad
<b>Promedios</b>	0,3429	0,3145	0,1946	0,0793	0,0687
<b>Desvíos</b>	0,0556	0,0406	0,0534	0,0171	0,0301
<b>S de C</b>	0,0464	0,0247	0,0429	0,0044	0,0136
<b>SCT</b>	0,1320				

TABLA N° 2: resultados de la estimación de parámetros.

Para la determinación del Indicador IVR, se calculó la Suma de Cuadrados de la Uniforme (SCU), considerando que se comparaban cinco elementos y que participaban dieciséis personas. Dicho cálculo, se presenta a continuación.

$$SCU = K(N - 1) \frac{\left(\frac{2}{K}\right)^2}{12} = 5(16 - 1) \frac{\left(\frac{2}{5}\right)^2}{12} = \frac{(16 - 1)}{3 * 5} = 1 \quad \text{El}$$

valor del IVR resultó ser 0,132. Además, las muestras de los cinco Criterios parecieron aceptablemente cercanas a la Distribución Normal. En esas condiciones, se asumió estabilidad y consenso

Esta misma actividad se repitió para comparar las categorías adoptadas para cada criterio. Cabe consignar que el ejercicio completo demandó poco más de seis horas. En la TABLA 3, se transcriben las estimaciones del promedio y del desvío, para las muestras de prioridades y preferencias obtenidas en todos los sub-problemas.

CPR			Ocurrencia			Complejidad			Urgencia			Gravedad		
Parámetros	0,343	0,056	Parámetros	0,314	0,041	Parámetros	0,195	0,053	Parámetros	0,079	0,017	Parámetros	0,069	0,030
Categorías	Prom	Desv	Categorías	Prom	Desv	Categorías	Prom	Desv	Categorías	Prom	Desv	Categorías	Prom	Desv
Alto	0,468	0,096	Alta	0,438	0,067	Alta	0,447	0,060	Alta	0,435	0,069	Afecta	0,752	0,026
Medio	0,353	0,082	Media	0,347	0,061	Media	0,367	0,051	Media	0,343	0,066	No afecta	0,248	0,026
Bajo	0,179	0,071	Baja	0,215	0,061	Baja	0,187	0,045	Baja	0,222	0,045			

TABLA N° 3: resultados de la estimación de parámetros.

Una vez obtenidos estos resultados, se procedió a validar el método con cinco documentos de no conformidad, adoptados por el grupo de trabajo. Se escogieron informes IMNC que a priori, parecieron apropiados para evaluar la capacidad de discriminación del método. La clasificación inicial se presenta en la TABLA 4.

Descripción	CPR	Ocurrencia	Complejidad	Urgencia	Gravedad
<b>IMNC 1</b>	Bajo	Alta	Media	Media	Afecta
<b>IMNC 2</b>	Alto	Baja	Alta	Baja	Afecta
<b>IMNC 3</b>	Medio	Media	Baja	Alta	No afecta
<b>IMNC 4</b>	Alto	Alta	Alta	Alta	Afecta
<b>IMNC 5</b>	Bajo	Baja	Baja	Baja	No afecta

TABLA N° 4: clasificación de las alternativas.

Se calcularon los valores estimados de media y desvío. Finalmente se obtuvieron las valoraciones globales. Estas valoraciones se estandarizaron, dividiendo el valor global por el ancho del intervalo obtenido. Los resultados

se presentan en la TABLA 5. La IMNC N° 4 es la no conformidad que debería tener prioridad para el análisis.

<i>Descripción</i>	<i>Global</i>	<i>Estandarizado</i>
<b>IMNC 1</b>	0,349	0,550
<b>IMNC 2</b>	0,385	0,680
<b>IMNC 3</b>	0,318	0,434
<b>IMNC 4</b>	0,471	1,000
<b>IMNC 5</b>	0,200	0,000

**TABLA N° 5:** priorización de las no conformidades.

Finalizada la prueba, se realizó una reunión plenaria con los participantes, a fin de considerar ventajas e inconvenientes de la herramienta desarrollada. Hubo acuerdo en que la propuesta metodológica facilitaba el ordenamiento de la tarea, motivo por el cual se la adoptó en forma definitiva y se inició lo que este documento considera la Fase 2. En esta nueva instancia, el método permite cuantificar decenas de IMNC por semana.

## **7. CONCLUSIONES**

El trabajo recorre la aplicación de un método de toma de decisiones en grupo que estructura un problema de decisión con una cantidad finita de criterios y que adopta para cada uno, un conjunto de categorías que permiten clasificar a las alternativas analizadas. Estos criterios y sus respectivas categorías son previamente definidos y valorados, para facilitar su evaluación. Para representar la utilización del método se transcriben los resultados de una aplicación que surge del tratamiento de no conformidades de un proceso productivo. Los participantes del ejercicio realizan una valoración relativa de las prioridades de los criterios y las preferencias de las categorías, se representan mediante utilidades cardinales de tipo subjetivo.

La estructuración del problema, la definición de sus criterios y la valoración por categorías, permiten generar un marco regular para la toma de decisiones consideradas sistemáticas y repetitivas. El modelo puede ser utilizado cada vez que sea necesario, sin tener que realizar nuevas comparaciones. Esta oportunidad brinda flexibilidad y rapidez para su uso.

Las instancias de actividades plenarias favorecen la discusión, el intercambio de conocimientos y experiencias, y promueven la convergencia de los objetivos del grupo. El método prevé una evaluación del grado de consenso y permite, en caso que se registren diferencias observables, una repetición iterativa de pasos previos.

El grupo demostró una participación activa y sus integrantes adoptaron sin inconvenientes la metodología. Lograron acordar categorías y percibir mejoras en los tiempos de análisis.

La priorización de las No Conformidades, determinó la necesidad de establecer diferentes herramientas de resolución según las categorías de los criterios de cada problema.

Para futuras investigaciones se identifica la posibilidad de trabajar con otros criterios y más cantidad de categorías, así como la utilización de

indicadores de gestión o priorizaciones previas, realizadas con otras herramientas, como por ejemplo el AMFE de procesos. Por otro lado, se identifica una estabilización de las preferencias más rápida al trabajar con categorías y ésto, configura un posible desarrollo.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKERMANN F. (2012): PROBLEM STRUCTURING METHODS 'IN THE DOCK': ARGUING THE CASE FOR SOFT OR. *European Journal of Operational Research* 219(3):652–658.

BROCKLESBY J. (2016): THE WHAT, THE WHY AND THE HOW OF BEHAVIOURAL OPERATIONAL RESEARCH AN INVITATION TO POTENTIAL SCEPTICS. *European Journal of OR.* 249(3):796–805.

DIAS, L. C., ANTUNES, C. H., DANTAS, G., DE CASTRO, N., & ZAMBONI, L. (2018): A MULTI-CRITERIA APPROACH TO SORT AND RANK POLICIES BASED ON DELPHI QUALITATIVE ASSESSMENTS AND ELECTRE TRI: THE CASE OF SMART GRIDS IN BRAZIL. *Omega*, 76, 100-111.

DEL MORAL, M. J., CHICLANA, F., TAPIA, J. M., & HERRERA - VIEDMA, E. (2018): A COMPARATIVE STUDY ON CONSENSUS MEASURES IN GROUP DECISION MAKING. *International Journal of Intelligent Systems*, 33(8), 1624-1638.

DONG Q, COOPER O. (2016): A PEER-TO-PEER DYNAMIC ADAPTIVE CONSENSUS REACHING MODEL FOR THE GROUP AHP DECISION MAKING. *European Journal of OR.* 250(2):521–530.

DONG Q, SAATY TL (2014) AN ANALYTIC HIERARCHY PROCESS MODEL OF GROUP CON- SENSUS. *Journal of Systems Science and Systems Engineering* 23(3):362–374

DOUMPOS, M., & ZOPOUNIDIS, C. (2018): DISAGGREGATION APPROACHES FOR MULTICRITERIA CLASSIFICATION: AN OVERVIEW. In *Preference Disaggregation in Multiple Criteria Decision*.

FORMAN E., PENIWATI K. (1998): AGGREGATING INDIVIDUAL JUDGMENTS AND PRIORITIES WITH THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS. *European journal of operational research* 108(1):165–169.

FRANCO LA. (2013): RETHINKING SOFT OR INTERVENTIONS: MODELS AS BOUNDARY OBJECTS. *European Journal of Operational Research* 231(3):720–733.

FRANCO LA., ROUWETTE EA., KORZILIUS H. (2016): DIFFERENT PATHS TO CONSENSUS? THE IMPACT OF NEED FOR CLOSURE ON MODEL-SUPPORTED GROUP CONFLICT MANAGEMENT. *European Journal of Operational Research* 249(3):878–889.

GOMES LFAM., GONZÁLEZ ARAYA MC., CARIGNANO C. (2004): TOMADA DE DECISOES EM CENARIOS COMPLEXOS: INTRODUCAO AOS MÉTODOS DISCRETOS DO APOIO MULTI-CRITERIO A DECISAO. Thomson.

- HENAO F., FRANCO LA. (2016): UNPACKING MULTIMETHODOLOGY: IMPACTS OF A COMMUNITY DEVELOPMENT INTERVENTION. *European Journal of Operational Research* 253(3):681–696.
- JIAO L., PAN Q., LIANG Y., FENG X., YANG F. (2016): COMBINING SOURCES OF EVIDENCE WITH RELIABILITY AND IMPORTANCE FOR DECISION MAKING. *Central European Journal of Operations Research* 24(1):87–106.
- KEENEY Y RAIFFA (1993): DECISIONS WITH MULTIPLE OBJECTIVES: PREFERENCES AND VALUE TRADE-OFFS. Cambridge university press.
- KERSTEN, G. E. (1997): SUPPORT FOR GROUP DECISIONS AND NEGOTIATIONS AN OVERVIEW. In *Multicriteria analysis* (pp. 332-346). Springer, Berlin, Heidelberg.
- KÖKSALAN, M., MOUSSEAU, V., & ÖZPEYNIRCI, S. (2017): MULTI-CRITERIA SORTING WITH CATEGORY SIZE RESTRICTIONS. *International Journal of Information Technology & Decision Making*. sustainability science (pp. 137-161). Springer, Cham.
- LÓPEZ, J. C. L., CARRILLO, P. A. Á., & VALENZUELA, O. A. (2018): A MULTICRITERIA GROUP DECISION MODEL FOR RANKING TECHNOLOGY PACKAGES IN AGRICULTURE. In *Soft computing for sustainability science* (pp. 137-161). Springer, Cham.
- MONTIBELLER G., WINTERFELDT D. (2015): COGNITIVE AND MOTIVATIONAL BIASES IN DECISION AND RISK ANALYSIS. *Risk Analysis* 35(7):1230–1251.
- RICHARDS GS., DUXBURY L. (2015): WORK GROUP KNOWLEDGE ACQUISITION IN KNOWLEDGE INTENSIVE PUBLIC-SECTOR ORGANIZATIONS: AN EXPLORATORY STUDY. *Journal of Public Administration Research and Theory* 25(4):1247–1277.
- SAATY, T. L. (2014): TOMA DE DECISIONES PARA LÍDERES. RWS Publications.
- SHIH HS., SHYUR HJ., LEE ES. (2007): AN EXTENSION OF TOPSIS FOR GROUP DECISION MAKING. *Mathematical and Computer Modelling* 45(7):801–813.
- SMETS P. (1991): VARIETIES OF IGNORANCE AND THE NEED FOR WELL-FOUNDED THEORIES. *Information Sciences* 57:135–144
- STAGGS SM., BONITO JA., ERVIN JN. (2018): MEASURING AND EVALUATING CONVERGENCE PROCESSES ACROSS A SERIES OF GROUP DISCUSSIONS. *Group Decision & Negotiation* 27(5):715–733.
- TERVONEN T. (2014): JSMAA: OPEN SOURCE SOFTWARE FOR SMAA COMPUTATIONS. *International Journal of Systems Science* 45(1):69–81.
- ZANAZZI J.L. (2016): TOMA DE DECISIONES EN GRUPOS DE TRABAJO. EL MÉTODO PROCESOS DRV. PhD thesis, UNCórdoba.
- ZHANG Q., LAI K.K., YEN J. (2019): MULTICRITERIA SUPPLIER SELECTION USING ACCEPTABILITY ANALYSIS. *Advances in Mechanical Engineering* 11(10):168–186.