

APLICACIÓN DE MULTIMETODOLOGÍAS PARA LA GESTIÓN Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS SOCIO-TÉCNICOS

PL

TOPSIS

AHP

DEA

SSM

SMAA

Procesos DRV

SODA

SOM



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba



FCEyN



FCE

Facultad de Ciencias
Económicas

Compiladores

ZANAZZI, José Luis - ALBERTO, Catalina L. - CARIGNANO, Claudia E.

TOMO I Año 2012



1613 - 2013

400
AÑOS

APLICACIÓN DE MULTI-METODOLOGÍAS
PARA LA GESTIÓN Y EVALUACIÓN DE
SISTEMAS SOCIALES Y TECNOLÓGICOS

TOMO I

2012

COMPILADORES:
JOSÉ LUIS ZANAZZI
CATALINA LUCÍA ALBERTO
CLAUDIA ETNA CARIGNANO

Aplicación de multi-metodologías para la gestión y evaluación de sistemas sociales y tecnológicos / José Luis Zanazzi... [et. Al.] ; compilado por José Luis Zanazzi ; Catalina Lucía Alberto ; Claudia Etna Carignano. – 1a. Ed. – Córdoba : Asociación Cooperadora de la Facultad de Ciencias Económicas de la UNC , 2013.

268 p. ; 23x17 cm.

ISBN: 978-987-1436-73-6

1.-Economía. 2. Investigación. 3.Enseñanza universitaria. I. José Luis Zanazzi. II. José Luis Zanazzi, comp. III. Alberto Catalina Lucía, comp. IV. Carignano Claudia Etne, comp.

CDD 330.711

Asociación Cooperadora de la Facultad de Ciencias Económicas de la UNC

Av. Valparaíso s/n – Córdoba – Argentina

Tel.: (0351) 4697879

E-mail: asoccoop@eco.unc.edu.ar

ISBN: 978-987-1436-73-6

Hecho el depósito que previene Ley nº 11.723



Este obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina.

AGRADECIMIENTO

A la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba por el apoyo económico que permitió financiar parcialmente esta edición.

PREFACIO

Este es un libro escrito acerca de problemas de mayor o menor complejidad y acerca de métodos y modelos planteados para analizarlos, comprenderlos e incluso, resolverlos. Pretende aportar conceptos e ideas que ayuden a mejorar nuestra visión de la realidad y que aprovechen las oportunidades de transformarla que la misma ofrece.

Se trata de una construcción conjunta de un grupo de docentes investigadores vinculados a la disciplina denominada Investigación Operativa (IO). La mayoría de los autores trabaja en la Universidad Nacional de Córdoba, en las Facultades de Ciencias Económicas y de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Pero el grupo incluye además a profesores de otras Universidades Argentinas, como la Universidad de Buenos Aires (UBA), de Salta (UNSA) y de Mar del Plata (UNMP). Adicionalmente, se reproducen algunas contribuciones realizadas en conjunto con profesores del Instituto Tecnológico Aeronáutico (ITA), del Ibmec, RJ, de Brasil y del Instituto Echeverría de Cuba.

El texto contiene una Introducción y dos grandes secciones, una primera que supone que el proceso de toma de decisiones es desarrollado por un decisor único. La segunda se orienta a los procesos donde es necesario considerar las posturas de diferentes actores.

Los contenidos de cada capítulo se fundamentan en trabajos presentados por los autores en distintos Congresos, tanto a nivel nacional como internacional. Cabe destacar que son aportes que han pasado por evaluaciones controladas por los comités científicos de cada uno de los eventos, lo que permite suponer que cumplen con los estándares de calidad para este tipo de documentos.

Entendemos que el libro realiza diversos aportes positivos. En primer lugar se presentan y emplean diferentes métodos de apoyo a la toma de decisiones, que ofrecen un sustento adecuado cuando la responsabilidad por la decisión recae en un decisor único o una entidad que funciona como tal.

Por otra parte, el libro analiza y enumera métodos que contribuyen a estructurar los problemas de decisión. Estas aproximaciones son muy útiles en situaciones que presentan un elevado nivel de complejidad, donde no resultan evidentes los objetivos a cumplir, ni las acciones posibles. Donde inclusive, el entorno es difícilmente valorable.

Otro aporte que consideramos valioso es la presentación del paradigma de la decisión grupal, como una problemática diferente a la tradicionalmente adoptada cuando el tomador de decisiones es único. Para fortalecer este aspecto, se analizan algunas metodologías que pueden utilizarse cuando la responsabilidad por la decisión recae en un grupo.

Finalmente creemos que las aplicaciones enumeradas en los distintos capítulos constituyen un destacable aporte adicional. En efecto, se analizan problemas de diferentes ámbitos, tanto públicos como privados. Se estudian, por otra parte, problemas en diferentes niveles: estratégicos, tácticos, operativos.

Entendemos que es un modo de afirmar que se cuenta con aproximaciones metodológicas para analizar y transformar esta compleja realidad. A partir de este convencimiento, el desafío es identificar los canales y modalidades para que la aplicación de los métodos de apoyo a la toma de decisiones, se convierta en un recurso cotidiano para mejorar la gestión de nuestros sistemas socio-técnicos.

SOBRE LOS AUTORES

Catalina Lucía Alberto, es Contadora Pública y Doctora en Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina). Se desempeña como profesora titular en Investigación Operativa y Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones en la Facultad de Ciencias Económicas, UNC. Ha sido Vicepresidente de EPIO. Posee una amplia trayectoria en actividades de investigación y gestión universitaria. catalina.alberto@gmail.com

Luiz Flavio Autran Monteiro Gomes, Ingeniero Civil en Transportes (Pontificia Univesidade Católica do Rio de Janeiro); Master en Ciencias (Univesidad del Estado de Michigan); PhD por la Universidad de California, en Berkeley. Realizó estudios de Post Doctorado en la Universidad de Stuttgart, en Alemania. Desde 1975 desarrolla investigaciones, realiza consultoría y orienta maestrías y doctorados en Apoyo Multicriterio a la Decisión. Es Profesor Titular de las Facultades Ibmec, RJ; es Presidente de la Red M. Ha sido Primer Vicepresidente de ALIO y Presidente de SOBRAPO. autran@ax.ibase.org.br

Laura Leonor Boaglio, es Magíster en Planificación y Gestión Educacional y Licenciada en Estadística Aplicada. Se desempeña como profesora adjunta en Probabilidad y Estadística y en Investigación Operativa en la Facultad de Ciencias, Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. Tiene experiencia en investigación y gestión universitaria. lauraboaglio@gmail.com

Gabriela Pilar Cabrera, es tesista de la Maestría en Estadística Aplicada de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina), Licenciada en Estadística Aplicada y Profesora de Matemática y Computación de la Universidad Blas Pascal (Argentina). Se desempeña como profesor asistente en la cátedra de Probabilidad y Estadística de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, UNC y como Jefe de Trabajo Práctico en la cátedra de Bioestadística de la Carrera de Medicina Veterinaria, UNVM. Posee una creciente experiencia en investigación. gabriela.pilar.cabrera@gmail.com

Claudia Etna Carignano, es Contadora Pública de la Universidad Nacional de Córdoba, Especialista en Educación Superior de la Universidad Católica de Cuyo (Argentina) y Magister en Planificación y

Gestión Educacional de la Universidad Diego Portales (Chile). Se desempeña como profesora titular en la UTN Facultad Regional Córdoba y como profesora asociada en Investigación Operativa y Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones en la Facultad de Ciencias Económicas, UNC. Posee una amplia trayectoria en actividades de investigación y gestión universitaria. claudiacarignano@gmail.com

María Alejandra Castellini, es Magister en Economía Política de la Universidad Nacional de Salta (UNSa) y Università di Pisa, Italia e Ingeniera Industrial de la Universidad de Buenos Aires. Se desempeña como profesora titular en Investigación Operativa y Gestión de la Calidad en la Facultad de Ingeniería, UNSa. Posee una amplia trayectoria en actividades de investigación y de transferencia. mac@unsa.edu.ar

José María Conforte, es Licenciado en Estadística Aplicada (Universidad Blas Pascal) y Especialista en Diseño de Encuestas y Análisis de Datos (Universidad Nacional de Córdoba). Participante en numerosos proyectos de investigación relacionados con la toma de decisiones en equipo y el diseño de sistemas de gestión. Actualmente se desempeña como Profesor Adjunto en la cátedra de Probabilidad y Estadística de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. jmconforte@yahoo.com

Miguel Angel Curchod es Contador Público recibido en la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Córdoba. Actualmente, es profesor asociado de la asignatura Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones en la mencionada Facultad. También es Doctor en Ciencias Económicas, Magíster en Administración Pública y Especialista en Administración Pública Provincial y Municipal; todos los posgrados han sido realizados en la UNC. Además, posee una amplia trayectoria en la Función Pública Nacional y en actividades de investigación. curchod@gmail.com

Magdalena Dimitroff, es Licenciada en Matemática (UNC-FaMAF). Integrante del LIMi (Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial (FCEfyN)). Participante en numerosos proyectos de investigación relacionados con la toma de decisiones en equipo y el diseño de sistemas de gestión. Actualmente se desempeña como Profesora Adjunta en las cátedras de Álgebra Lineal y Probabilidad y Estadística de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. magdadimitroff@gmail.com.

Raúl Alberto Ercole, es Contador Público y Licenciado en Administración de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina). Se desempeña como profesor titular en Costos y Gestión en la Facultad de Ciencias Económicas, UNC. Dicta cursos de posgrado referidos a Métodos Cuantitativos para Decisiones y posee una amplia trayectoria profesional. ercole3@fibertel.com.ar

Mercedes Delgado Fernández, Ingeniera Industrial. Doctora en Ciencias Técnicas, 25 años como docente. Vicedecana Docente y Decana de la Facultad de Ingeniería Industrial del Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría” (Cuba) y actualmente es Rectora de la Escuela Superior de Cuadros del Estado y del Gobierno. Investiga en Estadística aplicada, Gestión de la innovación y la calidad y Superación de directivos en gestión empresarial. mdelgado171064@yahoo.com

Mariana Funes, es Contadora Pública (Facultad de Ciencias Económicas – U.N.C.) y estudiante del Doctorado en Ciencias Económicas de la misma Facultad. Se desempeña como profesora adjunta de Investigación Operativa, Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones y Ampliaciones de Investigación Operativa en la FCE., UNC. Posee una amplia trayectoria en investigación. mfunes311@gmail.com

Analia González, es Bióloga y Profesora en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina) y Especialista en Docencia Universitaria de la Universidad Tecnológica Nacional (Argentina). Se desempeña como profesor asistente en “Estadística y Biometría” y en “Diseño Experimental” en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, UNC. analia_bg@yahoo.com.ar

Hernán Guevel, es Contador Público y posee un Mgter. en Dirección de Negocios (Facultad de Ciencias Económicas, U.N.C.) y estudiante del Doctorado en Ciencias Económicas de la misma Facultad. Se desempeña como profesor asistente en Investigación Operativa, Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones, Ampliaciones de Investigación Operativa y Matemática Financiera en la FCE., UNC. Posee experiencia en investigación y gestión de las organizaciones. heguevel@hotmail.com

Paulina Massari, es Ingeniera Industrial de Universidad Nacional de Córdoba (Argentina) desarrollo su trabajo final en el Manejo de los Residuos Patógenos haciendo hincapié en la gestión intrahospitalaria de los mismos. Desarrolla tareas de investigación en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (UNC). Actualmente se desempeña en Polymont Argentina S.A. desarrollando tareas de Ingeniería Mantenimiento. paulyna_3@hotmail.com

Santiago Minolli, es estudiante avanzado de la carrera de Contador Público (Facultad de Ciencias Económicas – U.N.C.) y realiza tareas de investigación. Se ha desempeñado como Adscripto en las materias Investigación Operativa y Métodos Cuantitativos para la toma de Decisiones. minollisantiago@gmail.com

Lucía Isabel Passoni, es Doctora en Ingeniería orientación Electrónica de la Universidad Nacional de Mar del Plata (Argentina). Es Magister en Gestión Universitaria por la misma universidad. Se desempeña como profesora asociada en el departamento de Ingeniería Electrónica y dirige proyectos de I+D en el Área Soporte a las Decisiones con Técnicas de Inteligencia Computacional en el laboratorio de Bioingeniería de la UNMDP. isabel.passoni@gmail.com

Beatriz Isabel Pedrotti, es Ingeniera Electricista Electrónica de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina) y Especialista en Ingeniería Gerencial de la Universidad Tecnológica Nacional (Argentina). Se desempeña como profesor asociado en Métodos Numéricos en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, UNC. Posee amplia experiencia en Gestión de Proyectos. bipedrotti@gmail.com

Daniel Alberto Pontelli, ingeniero Mecánico Aeronáutico (UNC) e ingeniero Laboral (UTN FRC), es profesor adjunto en las asignaturas Higiene y Seguridad en el Trabajo y Mantenimiento Industrial de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Córdoba. Está a cargo de la Oficina Central de Higiene Seguridad y Medio Ambiente Laboral de la UNC y coordina junto con la Vicerrectora el Consejo para la Prevención de la Seguridad de la universidad. Es docente investigador y pertenece al Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial de la FCEFyN. Tiene experiencia en procesos industriales por haber trabajado en la industria automotriz y como asesor de empresas en prevención de riesgos laborales. dpontelli@gmail.com

Josefina Racagni, es Contadora Pública (Facultad de Ciencias Económicas – U.N.C.), estudiante del Doctorado en Ciencias Económicas de la misma Facultad. Se desempeña como profesora asistente de Investigación Operativa, Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones y Matemática II en la FCE., UNC. Posee una importante experiencia en investigación. jracagni@gmail.com

Alicia Guillermina Salomon, es Licenciada en Sistemas del Centro de Altos Estudios en Ciencias Exactas (C.A.E.C.E) Buenos Aires, Argentina y Magister en Planificación y Gestión Educacional de la Facultad de Economía de la Universidad Diego Portales de Chile. Se desempeña como Profesora Adjunta en Organización Industrial en la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, UNC. Tiene una trayectoria en Gestión Universitaria, Educación Virtual, Consultoría de Sistemas Sw e Investigación. as.salamon@gmail.com

José Francisco Zanazzi, es Contador Público (IUA). Forma parte del grupo de trabajo del Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial, de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UNC. Actúa como consultor y capacitador de empresas y organismos gubernamentales, en cuestiones relacionadas con Sistemas de Gestión y Mejora Continua de productos y procesos. jfzanazzi@gmail.com

José Luis Zanazzi, es Ingeniero en Recursos Hídricos (UNL), Magister en Planificación y Gestión Educativa (UDP), doctorando en Ingeniería (UNC). Su actual línea de investigación se orienta a metodologías para trabajar con grupos operativos. Profesor Titular de Probabilidad y Estadística, Investigación Operativa y Control de Procesos Industriales, en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UNC. Posee variada experiencia en gestión universitaria y en consultoría con empresas. Dirige el LIMI y la carrera Especialidad en Productividad Organizacional. jl.zanazzi@gmail.com

INDICE

	PÁGINA
INTRODUCCIÓN	17
PARTE I	
1. EFICIENCIA EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN PAÍSES LATINOAMERICANOS <i>Alberto C. Passoni I. Carignano C. Delgado M.</i>	33
2. EVALUACIÓN DE GESTIÓN DE LA JUSTICIA EN LAS PROVINCIAS ARGENTINAS <i>Curchod M. Alberto C.</i>	51
3. MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN Y ORDENAMIENTO APLICADOS A LA MEDICIÓN DEL BIENESTAR SOCIAL DE PAÍSES LATINOAMERICANOS <i>Racagni J. Funes M.</i>	65
4. APLICACIONES DEL MÉTODO TOPSIS CON VARIABLES LINGÜÍSTICAS <i>Ercole R. Carignano C. Alberto C.</i>	87
5. APLICACIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO JERÁRQUICO PARA ELEGIR LA FÓRMULA PRESIDENCIAL A VOTAR. CASO DE ESTUDIO EN UN CURSO ELECTIVO DE I.O. <i>Funes M. Guevel H.</i>	103
6. UTILIZACIÓN DEL MODELO DE FLUJO DE COSTO MÍNIMO PARA LA OPTIMIZACIÓN EN REDES <i>Minolli S.</i>	117

INDICE

	PÁGINA
PARTE II	
7. EL PROBLEMA DE LA DE GESTIÓN DE RESIDUOS PATÓGENOS EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA. UNA APROXIMACIÓN A SU ESTRUCTURACIÓN <i>Pontelli D. Conforte J. Boaglio L. Zanazzi J.L. Salamon A. Massari P.</i>	133
8. SOFT SYSTEMS METHODOLOGY FOR IMPROVEMENTS IN A PROGRAM OF URBAN FOOD HARVEST <i>Silva Barros P. Castellini A. Belderrain C.</i>	145
9. ESTRUCTURACIÓN DE PROBLEMAS CON INVESTIGACIÓN OPERATIVA SOFT. SELECCIÓN DE PERSONAL OUTSOURCING PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS DE SOFTWARE <i>Cabrera G. Salamon A. Boaglio L. Conforte J. Pedrotti B.</i>	161
10. ELICITACIÓN DE FACTORES INCIDENTES EN LA ELECCIÓN DE UNA CARRERA UNIVERSITARIA <i>Zanazzi J.L. Salamon A. Cabrera G. González A. Pedrotti B.</i>	181
11. TOMA DE DECISIONES EN GRUPO: EL MÉTODO PROCESOS DRV <i>Zanazzi J.L. Autran Monteiro Gomes L. Boaglio L.</i>	195

INDICE

	PÁGINA
12. MÉTODOS PARA TOMAR DECISIONES EN GRUPO: COMPARACIÓN ENTRE PROCESOS DRV Y SMAA <i>Zanazzi J.L. Dimitroff M. Pontell Di. Pedrotti B.</i>	215
13. INDICADOR GLOBAL DE SEGUIMIENTO PARA UNA BIBLIOTECA UNIVERSITARIA <i>Zanazzi J.L. Zanazzi J.F. Dimitroff M. Conforte J. Boaglio L.</i>	231
14. LA CONSTRUCCIÓN DEL CONSENSO EN EL TRABAJO EN EQUIPO. UNA APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA <i>Pontelli D. Zanazzi J.L. Conforte J. Dimitroff M. Salamon A.</i>	245

INTRODUCCIÓN

En la compilación de estos aportes subyacen una cierta cantidad de valores y convencimientos que creemos conveniente plantear de manera explícita. Para explicarlos, resulta apropiado reflexionar sobre la compleja realidad en la que vivimos y considerar los posibles aportes que pueden hacerse desde la Investigación de Operaciones, para contribuir a resolver los problemas que nos ocupan.

Existe en nuestra opinión, una gran distancia entre los variados requerimientos que en materia de toma de decisiones, plantea nuestra sociedad y las aplicaciones de Investigación Operativa que se realizan para responder a esas necesidades. Pero también entendemos que esa distancia puede y debe ser reducida a la brevedad.

Por ese motivo, dedicamos el primer tramo de esta Introducción a plantear nuestra visión sobre los requerimientos que plantea el sistema socio-productivo. A continuación recordamos algunas estrategias que pueden ser utilizadas porque han resultado exitosas en las organizaciones que las adoptaron y analizamos el modo en que la Investigación Operativa puede contribuir con las mismas. Finalmente, dedicamos la última parte de este apartado, a enumerar los contenidos del libro.

La problemática que nos plantea la realidad

Tanto nuestro país como otras regiones de Latinoamérica se encuentran envueltos en un proceso de readaptación y expansión económica. Sucede que se mantienen algunas ventajas de la economía global implementada en los años noventa, como es la apertura de nuevos y mejores mercados, en tanto que se ha logrado construir una cierta independencia, lo que pone a nuestros sistemas económicos relativamente a salvo de los vaivenes y crisis de la globalización.

Este es, sin dudas, un ambiente que parece propicio para las nuevas ideas, donde herramientas de auxilio a la decisión como son las que integran la Investigación Operativa deberían ser de gran utilidad. Sin embargo, el emprendedorismo y la innovación muy a menudo confían más en la intuición o la experiencia, que en los recursos de la IO.

En este particular se puede recordar una reflexión formulada en el clásico texto de Prawda (1976). En la introducción de su libro, el autor

asegura que los métodos y modelos de la IO fueron desarrollados y aplicados en los países avanzados, con la finalidad de racionalizar el uso de los recursos.

A continuación plantea la paradoja de que Latinoamérica, una región donde los recursos son siempre muy escasos, no utiliza estas metodologías, al extremo de que sus aplicaciones son realmente reducidas. En cambio, aquellos países donde la disponibilidad de recursos es elevada, donde habitualmente no se plantean privaciones, realizan un aprovechamiento masivo de estas herramientas.

Cuarenta años después, la afirmación de Prawda sigue teniendo validez, sólo que la cuestión es no solo aplicable a los países en desarrollo. Muy por el contrario, autores que trabajan en Europa como Rosenhead (2003), plantean que la cantidad de aplicaciones de Investigación Operativa es muy reducida en todo el mundo, al menos si se compara dicha cantidad con el número de problemas reales que deberían analizarse. Por su parte, Franco (2011) va un poco más allá y asegura que frecuentemente ocurre que las herramientas de la IO permiten arribar a soluciones teóricas, pero que estas soluciones no se implementan posteriormente en la práctica.

Para explicar estas contradicciones, debemos tener en cuenta que aún cuando las condiciones parecen favorables, el mundo en que se mueven nuestras organizaciones es complejo e incierto. La incertidumbre se evidencia en el hecho de que las principales variables que deben considerarse al analizar un problema son siempre cambiantes. En efecto, cambian los protagonistas, las condiciones del entorno, las opiniones y las preferencias.

Ante esas circunstancias, los estudios o análisis se encuentran obligados a prever cuáles son las variantes posibles y de qué modo estas variaciones pueden afectar al sistema, por ende, tanto al problema que se analiza como a las posibles soluciones. Claro que, esto requiere un esfuerzo adicional para identificar las variables fundamentales, las relaciones entre las mismas y los mecanismos de cambio.

Por otra parte, el entorno es complejo porque además de los elementos físicos o económicos, hay una fuerte incidencia de las personas que participan. De hecho, los autores prefieren hablar de Sistema Socio-Técnico; término con el cual se hace referencia a sistemas donde los resultados alcanzados dependen tanto de las cuestiones tecnológicas (medios, recursos, métodos e incluso medio ambiente), como de las personas o grupos humanos que los operan.

Esto es, en condiciones muy similares una línea de producción puede trabajar con un 25% de rechazos de productos terminados o con un 1%. Una organización puede operar con una elevada tasa de accidentología o puede lograr que esta sea aceptablemente baja. Una Universidad puede tener en primer año, un 70 % de deserción o un 15 %, incluso la misma unidad académica puede pasar de una condición a la otra.

El origen de esas notables diferencias puede buscarse en el modo en que el grupo de personas que administra el proceso, se organiza para gestionarlo. Por supuesto, el problema de estos sistemas complejos ha sido analizado desde diferentes áreas del conocimiento. Desde el punto de vista técnico, es habitual por ejemplo, aplicar los denominados sistemas de gestión, que pueden ser para la calidad, para el mantenimiento o para el medio ambiente, por citar algunos muy conocidos.

El modo en que operan las organizaciones avanzadas

En las entidades dedicadas a la producción, tanto de bienes como de servicios, es frecuente encontrar modalidades de organización y estrategias de trabajo, que se inspiran en los principios originales de la primera mitad del siglo veinte. Así entonces, los conceptos de Taylor, Fayol y el propio Ford continúan vigentes, pese a que han evidenciado una cantidad importante de debilidades.

Como contrapartida, existen una variedad de propuestas metodológicas que han demostrado ser superadoras de aquella estrategia inicial, en tanto mejoran desde las condiciones de trabajo hasta la productividad. En particular pueden recordarse algunas que si bien se impusieron en los noventa, en pleno auge del neoliberalismo, tienen validez en cualquier espacio y circunstancia.

Apenas caída el Muro de Berlín, las Universidades estadounidenses realizaron propuestas concretas acerca del modo en que convenía trabajar de allí en más. Por ejemplo, desde el MIT (Massachusetts Institute of Technology), se lanzó el concepto de Lean Production, mediante el cual se recomienda que las organizaciones sean esbeltas y flexibles, con capacidad para adaptarse rápidamente a los cambios que es necesario enfrentar, originados tanto en el ambiente como en la competencia.

En efecto, en el libro “La máquina que ha cambiado el mundo”, bajo la excusa de revisar la historia del automóvil, Womack J, Jones D, Roos D (1991) enumeran las cuestiones que deben cumplir las automotrices

para tener éxito. El libro resume un estudio de cinco años de duración, donde se comparan las estrategias productivas occidentales con las exitosas empresas japonesas.

La Lean propone una estructura organizacional con muy pocos niveles jerárquicos, donde la base está formada por células relativamente independientes que actúan como pequeñas empresas, es decir, para cumplir su misión se ocupan de sus insumos, utilizan de la mejor forma posible sus recursos, dominan sus procesos, se asocian con sus proveedores. De este modo, se aprovecha mejor la posibilidad de trabajar en grupo (células), porque los grupos tienen una capacidad de respuesta más rápida que los individuos y de hecho, se transfiere la responsabilidad por las decisiones precisamente a estos grupos.

Pese a los veinte años que pasaron desde la propuesta original, estos conceptos conservan un elevado nivel de vigencia, como lo muestran los numerosos artículos científicos que en la actualidad se orientan a su tratamiento (Angelis, Conti, Cooper, Gill, 2011; Wilson, Roy, 2009). Además, se han extendido casi sin excepción, a todos los sectores de la actividad económica. Como prueba de ello, resulta apropiado revisar las aplicaciones a la industria farmacéutica (Chowdary y George, 2012), o a la misma gestión del gobierno (Radnor, 2010).

Otra propuesta que continúa vigente fue planteada en el libro “La quinta disciplina” (Senge, 2007), mediante el concepto de “*organizaciones que aprenden*” (Learning Organization). Dicho texto asegura que las entidades exitosas en el futuro serán aquellas que adquieran capacidad para aprender en forma continua. A continuación se enumeran y discuten cinco disciplinas que facilitan el crecimiento permanente: pensamiento sistémico, crecimiento personal, visión compartida, modelos mentales y aprendizaje en grupo.

En este caso, buena parte del planteo original pasa por la posibilidad de operar y construir en pequeños equipos de trabajo, como lo destaca GarvinD, Edmonsom A, Gino G (2008). Hay equipo porque se requiere un buen ejercicio de liderazgos que sean capaces de compartir y mejorar la visión de la organización. Lo hay porque se estimula el crecimiento individual de los integrantes, sabiendo que con ello se mejoran las potencialidades del grupo.

Hay equipo por otra parte, porque los métodos que permiten analizar los problemas mediante el pensamiento sistémico deben ser aplicados en grupo. Hay equipo también porque se reconoce la existencia de verdaderos campos mentales, dado que los miembros de

la comunidad organizativa comparten necesariamente una cierta cantidad de valores y creencias.

Pero además, la adaptación de la organización, los cambios y mejoras en los campos mentales, la vigencia de la visión, se consiguen gracias a la capacidad de aprender en grupo. Senge destaca que los grupos aprenden mucho más rápidamente que los individuos aislados y que cuando operan en condiciones apropiadas, son capaces de obtener resultados muy superiores a los individuales.

Es justo precisar que si bien el concepto se impuso en las empresas cuando fue propuesto desde la Universidad de Harvard, lo que en nuestra opinión hace Senge es condensar conocimientos y fundamentos desarrollados por diferentes autores. Entre los aportes que pudo haber considerado se encuentran los de Pichon-Riviere, experto argentino orientado a la Psicología Social, que trabajó en Buenos Aires hasta los años setenta.

Dicho autor planteó que el concepto de grupo es el de un conjunto de personas enfocado en una tarea compartida. En su obra se distingue entre grupos y grupos operativos, donde los últimos son los que logran los mejores resultados. El trabajo de Pichon-Riviere evidenció que para poder operar en conjunto de manera eficiente, es conveniente que los grupos se enfoquen en la tarea mediante la aplicación de dinámicas con objetivos y reglas muy precisas (Pichón-Riviere, 1975; Quiroga, 1998).

Ahora bien, hagamos un resumen de estos conceptos. Por un lado se tiene que las organizaciones deben trabajar en grupo y que es necesario que esos grupos tomen decisiones con una perspectiva sistémica. Por el otro se afirma que el aprendizaje colaborativo y el trabajo conjunto se tornan eficientes si se apoyan en objetivos y reglas adecuados.

Un modo simple de trabajar con objetivos y reglas compartidas es aplicar técnicas o métodos. Sobre esta base, parece evidente que apoyar los procesos de toma de decisiones grupales con métodos adecuados, puede y debe ser un recurso muy efectivo para potenciar el aprendizaje en equipo.

Esto se verifica frecuentemente en la práctica, dado que existen en otros campos del conocimiento métodos que satisfacen este requisito. Como ejemplo, dentro de los denominados Sistemas de Gestión de Calidad, son muy conocidos el Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE), los diagramas de flujo o el diagrama causa efecto de Ishikawa (Gryna, Chua y De Feo, 2007).

Cabe preguntar entonces sobre el aporte que puede hacer la Investigación de Operaciones en este aspecto. Una primera cuestión en este sentido es determinar cuáles son los métodos de la IO que pueden utilizarse para potenciar el trabajo de los grupos operativos. Si bien la respuesta es amplia, un supuesto base de este libro es que los métodos de Apoyo Multicriterio a la Decisión tienen un elevado potencial para sostener los procesos de aprendizaje y crecimiento grupal en las organizaciones.

Diferentes tipos de Investigación Operativa

En Vidal (2006) se define la IO del siguiente modo: “*Una disciplina de consulta basada en la investigación de una situación problemática real, usando métodos que dan soporte al grupo de trabajo en la elaboración de un plan de acción para la solución de los problemas*”. Cabe rescatar de la misma el empleo de tres términos importantes: métodos; grupo de trabajo y solución de problemas.

Es decir, la responsabilidad por la toma de decisiones se deposita generalmente en grupos que deben seleccionar planes de acción. Claro que no todos los métodos de la IO tienen cualidades similares a la hora de facilitar el trabajo grupal; los métodos de optimización, por ejemplo, no resultan tan naturales para los no especialistas, como los métodos de la DMD.

Por otra parte, Sorensen y Vidal (2003) agrupa los métodos de la Investigación Operativa (IO), en IO Dura y en IO Blanda. El primer conjunto incluye aproximaciones como la Programación Lineal o la Simulación, donde se estructuran los problemas a partir de hechos medibles y cuantificables. Bajo esa óptica, se construyen modelos matemáticos y los problemas se analizan sin considerar a los actores.

En cuanto a la IO Blanda, Sorensen y Vidal (2003) destacan que la fase de estructuración de problemas incluye tanto información cualitativa como cuantitativa, los modelos no se apoyan en formulaciones matemáticas y el objetivo central es facilitar las búsquedas de acuerdos entre los miembros del grupo de decisores. En esta línea de trabajo se pueden mencionar distintas aproximaciones como los mapas cognitivos y en particular el Strategic Option Development and Analysis (SODA) de Eden (2004), la Soft System Methodology propuesta por Checkland (2000) y reformulada por Georgiou (2006, 2008)

Sin embargo, para analizar problemas complejos como los que presentan los Sistemas Socio-Técnicos, Mingers (2011) recomienda la utilización de combinaciones creativas de los métodos Duros y Blandos y

plantea el concepto de Multi-metodología. Por su parte, Franco y Lord (2011) señala que no existe una “mejor manera” de realizar dicha combinación de métodos, pero que una intervención multi metodológica debería atender las tres dimensiones claves del problema: personal, social y material.

Es decir que al analizar un problema es necesario caracterizar, además de lo estrictamente técnico, a los individuos y a las relaciones entre los mismos. Más aún, Franco y Montibeller (2011) plantea que es posible postular cuatro actividades básicas en una intervención: apreciación; análisis, evaluación y acción.

Ahora bien, los métodos de la Decisión Multicriterio Discreta (DMD), si bien están comprendidos dentro de la IO Dura, se distinguen porque en general permiten considerar a los actores y representar la complejidad de sus puntos de vista. En Dias y Clímaco (2005), por ejemplo, se destaca que la discusión de las restricciones de un problema DMD, genera un incremento en el nivel de aprendizaje interactivo entre los miembros del grupo, producto de sus diferentes experiencias y raíces culturales, a la vez que permite reducir la incertidumbre y la ambigüedad.

Con este razonamiento, parece conveniente que las organizaciones con capacidad para aprender (Learning Organizations), que adoptan estructuras flexibles (Lean Production), utilicen de manera masiva los métodos DMD para analizar sus problemas y establecer líneas de acción. De acuerdo a este enfoque, decisiones tácticas u operativas como las que surgen del tratamiento de no conformidades o la selección de proveedores, por ejemplo, deberían ser analizadas con DMD.

Es posible aún hacer un planteo más fuerte, dado que si la organización necesita que alguno de sus grupos adquiera un conocimiento nuevo, puede utilizar la Decisión Multicriterio Discreta para favorecer el proceso formativo. Esto es, en vez de organizar una capacitación tradicional con un profesor que explica y alguna práctica posterior, es conveniente plantear un problema de toma de decisiones, de modo que los miembros del grupo se dediquen a investigar y experimentar con el problema, con un rol fuertemente activo, en tanto que el formador actúa como facilitador del proceso.

Con base en las reflexiones anteriores, consideramos que los métodos de la DMD pueden ser utilizados como un punto intermedio entre la perspectiva Dura y la Blanda. De hecho, estas metodologías se apoyan en elementos objetivos y utilizan métodos matemáticos, pero a la vez facilitan la estructuración del problema y favorecen tanto la comprensión, como la integración de los miembros del grupo de trabajo.

Contenidos y organización del libro

Como se anticipó, después de la presente Introducción los capítulos se agrupan en las siguientes dimensiones:

- Procesos de decisión para decisores individuales
- Procesos de toma de decisiones en grupos

La primera dimensión, se compone de seis capítulos. Los primeros tres relacionados al estudio de medidas de *performance* de sistemas sociales, en los siguientes capítulos se presentan aplicaciones de métodos de decisión multicriterio discreta y de un modelo de optimización de flujo de costo mínimo.

En el capítulo 1 se describe un análisis de eficiencia en investigación y desarrollo experimental en países latinoamericanos mediante la utilización de tres metodologías –DEA, TOPSIS y Mapas Auto organizados – se realiza además una comparación de los resultados y aportes de cada método.

En el siguiente capítulo se realiza una evaluación global de gestión de la Administración de Justicia Ordinaria en la República Argentina. Se obtiene un ordenamiento de los poderes judiciales provinciales de acuerdo a los diferentes criterios que sustentan la eficiencia y la eficacia. Para su resolución se aplicó el método multicriterio de apoyo a las decisiones TOPSIS.

El capítulo tercero evalúa el bienestar social de los países latinoamericanos, contemplando el conjunto de indicadores empleados en el cálculo del IDH, e incorporando otros que aportan más información sobre los aspectos medidos y captan otras dimensiones no consideradas en el cálculo de este índice, como el impacto en el medio ambiente, el acceso a la tecnología y la calidad de la gobernabilidad. Se utilizaron métodos de clasificación no supervisada y el método TOPSIS.

En el capítulo 4 el lector se encuentra con un acabado análisis de la forma de resolver un problema de decisión multicriterio en el que, por las características del problema, se hace necesario la incorporación de variables lingüísticas. Se muestran la aplicación de la metodología propuesta mediante dos casos en el campo empresarial.

El capítulo siguiente también presenta una aplicación de un modelo de DMD, en este caso del Proceso Analítico Jerárquico utilizado como herramienta para la determinación del candidato presidencial a votar en las elecciones presidenciales.

Por último, en esta primera parte del libro se utiliza un modelo de programación matemática sobre la base del problema de flujo de costo mínimo, desarrollado para resolver un problema de asignación de encuestadores a diferentes destinos en los que debían realizarse un número determinado de encuestas y determinar sus recorridos óptimos.

La segunda dimensión, referida a la toma de decisiones en grupos de trabajos, una primera parte se orienta a la estructuración de problemas y la otra, más dura, a los modelos que asisten en la decisión propiamente dicha. En efecto, en la primera fracción se utilizan diversos métodos que permiten identificar las características generales de las problemáticas analizadas. Esto incluye desde la especificación de los objetivos que se desea alcanzar, los sectores de interés, las restricciones impuestas por el entorno o las transformaciones necesarias, hasta el plan de acciones concretas que es preciso implementar.

En este tramo, uno de los capítulos analiza la gestión de residuos patógenos en el ámbito de la Universidad Nacional de Córdoba, en Argentina. Los autores utilizan distintas herramientas para delimitar mejor la problemática, entre las que se encuentran la Rejilla de Kelly y los denominados mapas cognitivos. De este modo logran caracterizar los diferentes tipos de residuos que es preciso operar, los volúmenes, los riesgos inherentes a cada tipo e incluso, las alternativas de tratamiento más convenientes. Es decir, generan la información necesaria para que sea posible decidir por uno de los posibles sistemas de gestión.

Una segunda aplicación de estructuración de problemas, presenta un estudio que busca mejorar un sistema de recolección de alimentos destinado a cubrir las necesidades de personas carenciadas. Sucede que pese a perder su valor comercial, diversos productos pueden ser consumidos y aprovechados por las personas. Para el estudio se aplica la Soft System Methodology, con las adaptaciones propuestas por Georgiou. Entre los resultados se encuentran acciones cuya implementación puede aumentar la seguridad de los alimentos gestionados y reducir al mínimo las pérdidas de productos.

Otro de los capítulos destinados a la estructuración de problemas, analiza el caso de una empresa orientada a ofrecer servicios de outsourcing en desarrollos informáticos. La empresa en cuestión desea identificar mejoras convenientes en su sistema de gestión, que le permitan ganar confiabilidad en la permanencia de los programadores con qué trabaja e incrementar el nivel de compromiso de los empleados. En el análisis de este caso se utilizan la Rejilla de Kelly y la Soft System Methodology.

El siguiente capítulo se dedica a explorar la denominada Rejilla de Kelly (Repertory Grid), herramienta que no se utiliza frecuentemente en la estructuración de problemas, pero que puede ser de gran utilidad a la hora de identificar tanto criterios como alternativas de decisión. En este caso, se busca identificar algunos factores que pueden ser relevantes en el momento de la elección vocacional. El trabajo verifica que las motivaciones son diferentes según sea la carrera elegida.

En el segmento dirigido a procesos de toma de decisiones en grupo, si bien se analizan diversos enfoques, se pone énfasis en los denominados Procesos DRV (Decisión con Reducción de Variabilidad), debido a que se trata de una metodología desarrollada por el grupo de autores. En efecto, la misma fue diseñada en el Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

La característica clave de los Procesos DRV es que se orientan a lograr que la tarea de análisis sea eficiente. Al mismo tiempo, el método estimula el intercambio de conocimientos, percepciones y experiencias entre las personas participantes, a la vez que obliga a redoblar el esfuerzo para comprender el problema y los valores y criterios que se ponen en juego en su resolución. Dicho de otro modo, convierte la tarea de tomar una decisión en una intensa actividad de aprendizaje grupal.

Un primer capítulo de este segmento, se destina a una presentación resumida del método en cuestión. Esto es, se consideran los supuestos y objetivos fundamentales, además se describen brevemente las fases o etapas de los Procesos DRV. El capítulo cierra con la enumeración de algunas de las situaciones prácticas donde esta aproximación ha sido aplicada.

Un segundo capítulo se destina a comparar los Procesos DRV con otras aproximaciones, que utilizan la Teoría de Utilidades Multiatributo Aditiva. Concretamente la comparación se efectúa con dos propuestas: agregación de los valores individuales con la media geométrica; aplicación de los métodos SMAA 2 (Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis). La gran diferencia entre estas aproximaciones y los DRV, es que estas últimas propuestas se orientan a lograr una decisión, aún cuando la información aportada por los participantes se encuentre afectada por la incertidumbre o la imprecisión, en tanto que los DRV conceden especial importancia a estimular una convergencia de opiniones y evitan agregar hasta no haber conseguido algunos acuerdos básicos.

Otro de los capítulos del tramo orientado a la toma de decisiones en grupo, revisa una aplicación de la fase de estabilización de los Procesos DRV, realizada en la Biblioteca Mayor de la Universidad Nacional de Córdoba. Dicha entidad, que tiene su Sistema de Gestión de Calidad certificado bajo Normas ISO 9001:2008 gestiona un conjunto de indicadores que reflejan tanto la marcha de los proyectos de la organización, como la evolución de los procesos y de la satisfacción de los clientes. Entre los productos de esta aplicación se encuentran una identificación actualizada de las necesidades de los usuarios, la jerarquización y priorización de las mismas y un menú de indicadores compuestos que simplifican el seguimiento de los procesos.

En el siguiente capítulo se analiza una aplicación de los Procesos DRV en una importante entidad productora de medicamentos, el Laboratorio de Hemoderivados de la Universidad Nacional de Córdoba. La misma tuvo por objeto establecer prioridades para el mantenimiento preventivo de equipos y la atención temprana de fallas. Lo destacable en este caso es que la aplicación contribuyó significativamente para que el Laboratorio pudiera superar históricas diferencias entre las áreas de Producción, Técnica y Calidad, lo que permitió iniciar la implementación efectiva de un Sistema de Gestión de Mantenimiento ajustado a sus necesidades.

Referencias

- Angelis J, Conti R, Cooper G, Gill C (2011) *Building a high-commitment lean culture*. Journal of Manufacturing Technology Management, 22, 5.
- Bhasin S y Burcher P (2006) *Lean viewed as a philosophy*. Journal of Manufacturing Technology Management, 17, 1.
- Chowdary B y George D (2012) *Improvement of manufacturing operations at a pharmaceutical company: a lean manufacturing approach*. Journal of Manufacturing Technology Management, 23, 1.
- Checkland P (2000) *Soft Systems Methodology: A Thirty Year Retrospective*. Systems Research and Behavioral Science, 17, pp S11–S58.
- Dias, L. & Clímaco, J. (2005). *Dealing with imprecise information in group multicriteria decisions: a methodology and a GDSS architecture*. European Journal of Operational Research, 160, 291-307.

- Eden C (2004) *Analyzing cognitive maps to help structure issues or problems*. European Journal of Operational Research, 159, pp 673–686.
- Franco L, Montibeller G (2011) “*On-The-Spot*” *Modeling And Analysis: The Facilitated Modeling Approach*. Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science. DOI: 10.1002/9780470400531.eorms0975.
- Franco L, Lord E (2011) *Understanding multi-methodology: Evaluating the perceived impact of mixing methods for group budgetary decisions*. Omega, 39, pp 362–372.
- Georgiou, I. (2006) *Managerial Effectiveness from a System Theoretical Point of View*. Systemic Practice and Action Research, 19, pp 441–459.
- Georgiou, I. (2008) *Making decisions in the absence of clear facts*. European Journal of Operational Research, pp 185, 299–321.
- GarvinD, Edmonsom A, Gino G (2008) *Is yours a learning organization*. Harvard Business School.
- Gryna, F.; Chua, R. & Defeo, J. (2007). *Método Juran. Análisis y planeación de la calidad*. McGraw-Hill, New York.
- Mingers J (2011) *Soft OR comes of age – but not everywhere!*. Omega, doi: 10.1016 / j.omega. 2011.01.005
- Radnor Z (2010) *Transferring Lean into government*. Journal of Manufacturing Technology Management, 21, 3.
- Rosenhead J (1996) *What´s the problem? An introduction to Problem Structuring Methods*. Interfaces, 26, pp. 117-131.
- Senge, P. M. (1990). *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*. Currency Doubleday, NY.
- Sorensen, Vidal R (2003) *The anatomy of soft approach*. Pesquisa Operacional, 24, 2.
- Prawda J (1976) *Métodos y modelos de la Investigación de Operaciones*. Editorial LIMUSA, México.
- Pichón-Riviere (1975) *Técnica de los grupos operativos*. En El proceso grupal, Buenos Aires.
- Quiroga A (1998) *Crisis, procesos sociales, sujeto y grupo. Desarrollos en Psicología Social a partir del pensamiento de Pichon-Riviere*. Ediciones Cinco, Buenos Aires.

- Vidal R (2006) *OR: a multidisciplinary discipline*. Pesquisa Operacional, 26, 1, pp 69-90.
- Wilson M, Roy R (2009) *Enabling lean procurement: a consolidation model for small- and medium-sized enterprises*. Journal of Manufacturing Technology Management, 20, 6, pp.
- Womack J, Jones D, Roos D (1990) *The machine that changed the world*. Ed. Scribner. USA.

PARTE I

PROCESOS DE DECISIÓN PARA DECISORES INDIVIDUALES

EFICIENCIA EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN PAÍSES LATINOAMERICANOS

CATALINA LUCÍA ALBERTO

LUCÍA ISABEL PASSONI

CLAUDIA ETNA CARIGNANO

MERCEDES DELGADO

Palabras Claves: I+D, Eficiencia, Países Latinoamericanos, DEA, Mapas Auto-organizados, TOPSIS.

1. INTRODUCCIÓN

La I+D se define como el trabajo creativo llevado a cabo de forma sistemática para incrementar el volumen de los conocimientos humanos, culturales y sociales, y el uso de esos conocimientos para derivar nuevas aplicaciones. Comprende la investigación básica, la investigación aplicada y el desarrollo experimental.

En los últimos años, es cada vez más frecuente oír hablar sobre investigación y desarrollo, es innegable que la mejora en la competitividad y productividad de los países pasa por el hecho de que se destinen más recursos y esfuerzos a las actividades de I+D.

Tal es el caso de la Unión Europea, que ha destacado el papel del conocimiento y la innovación como motores para el crecimiento sostenible, especificando la necesidad de avanzar a un ritmo superior en la creación de un Espacio Europeo del Conocimiento y mantener el objetivo global para Europa de poseer una sólida capacidad científica y de investigación y una aceleración de la inversión en I+D en sectores público y privado (Consejo de Bruselas 2005). No obstante y a pesar de los esfuerzos realizados, en la Unión Europea persiste un importante desequilibrio en la distribución geográfica de las actividades en ciencia y tecnología, lo que repercute en el desarrollo sostenible de la región en su conjunto.

En Latinoamérica, si bien no existe un pronunciamiento explícito en este sentido, es indudable que será necesario realizar una decidida apuesta por el conocimiento, y consecuentemente, por las actividades de I+D como forma de asegurar el crecimiento y desarrollo económico de la

región. Para ello, un factor importante será reducir el desequilibrio entre los países en lo que a las actividades de ciencia y tecnología se refiere, en otras palabras, a mayor homogeneidad relativa, mayor posibilidad de éxito en el desarrollo de la región.

El objetivo de este trabajo es analizar para diversos países de la región, el efecto de los distintos niveles de esfuerzo en materia de gasto público en I+D sobre la capacidad de innovar, medida a través de las patentes, publicaciones y coeficiente de invención. Para lo cual, se propone utilizar y comparar resultados de tres tipos de metodologías: TOPSIS, DEA y Mapas Auto-Organizados.

Se hace constar por otra parte, que el texto base de este capítulo ha sido presentado en carácter de full paper en el III Taller Internacional de Descubrimiento de Conocimiento, Gestión del Conocimiento y Toma de Decisiones, realizado en Santander, España durante el año 2011. En esa oportunidad fue sometido a referato y aceptado por la comisión científica del evento.

2. SITUACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE I+D EN LATINOAMÉRICA

En el contexto latinoamericano, los datos relativos de las actividades de I+D evidencian niveles de gasto muy diferentes. Así, para el año 2008, Brasil destinó en I+D el 1,09% del PIB, mientras que Colombia apenas un 0,15%, Panamá 0,20% y Costa Rica 0,39%, lo cual pone de manifiesto las asimetrías existentes.

Otro indicador frecuentemente utilizado para valorar el esfuerzo realizado en materia de I+D es el número de patentes otorgadas. En las figuras siguientes se pueden observar las diferencias existentes entre los países cuando se la relaciona el número de patentes con la cantidad de habitantes (Figura 1) y con el gasto en I+D (Figura 2).

De las figuras surgen claramente las asimetrías entre los distintos países de la región en materia de distribución presupuestaria y actividad de I+D.

Las patentes otorgadas sin duda reflejan la capacidad de convertir el esfuerzo en I+D de un país en avances susceptibles de explotación empresarial. No obstante, conviene recordar que número de patentes como indicador de la actividad en I+D posee ciertas limitaciones, como que no necesariamente todas las innovaciones tienen como resultado una patente, además de que su valor suele diferir notablemente con las características del desarrollo patentado, de forma tal que, en ciertos casos, un pequeño número puede representar un alto valor económico,

mientras que en otros, una gran cantidad de patentes pueden significar económicamente escaso valor.

Figura 1. Patentes otorgadas por millón de habitantes

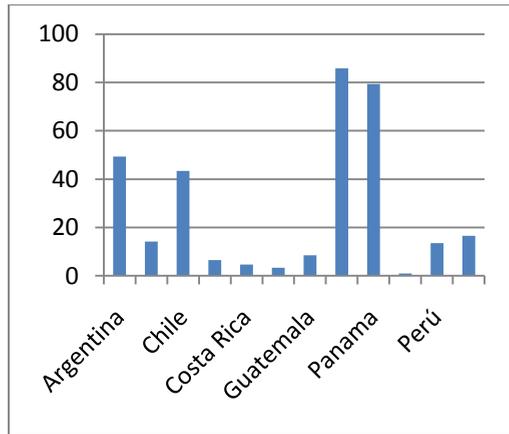
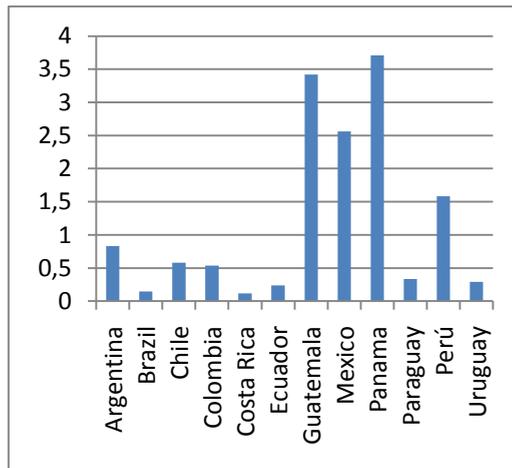


Figura 2. Relación entre patentes y Gasto en I+D



3. DEFINICIÓN DE VARIABLES

La selección de variables se realizó a partir de un conjunto de indicadores considerados útiles para medir la performance en la

utilización del gasto en I + D de los países. Con el propósito de organizar los datos para su uso en los tres métodos propuestos se presentan los mismos como variables de entrada (*inputs*) y variables de salida (*outputs*). Los datos corresponden al promedio del período 2004 - 2008, obtenidos de la base de datos de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT) y del Informe sobre el Desarrollo Humano del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

INPUT

GID: gasto en I+D en millones de dólares, paridad poder adquisitivo.

OUTPUTS

PO: cantidad de patentes otorgadas.

SCI: cantidad de publicaciones registradas en la base multidisciplinar *Science Citation Index*¹.

CI: coeficiente de invención, definido como la cantidad de patentes solicitadas por residente por millón de habitantes.

4. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

Para analizar el desempeño de los países en el uso del gasto público en I + D se utilizan los métodos TOPSIS, DEA y Mapas Auto-organizados.

TOPSIS es un método de Decisión Multicriterio Discreta. Propone un ordenamiento de las unidades analizadas basado en la distancia entre los objetivos ideal y anti-ideal y los indicadores de rendimiento realmente observados en cada país (alternativas). Estos indicadores se incorporan como criterios a minimizar (*inputs*) y criterios a maximizar (*outputs*).

DEA es un modelo de programación matemática, no paramétrico, que calcula la *performance* de cada país (DMUs) como la distancia relativa entre una frontera de producción empírica (determinada por los países mejor posicionados) y el rendimiento real de cada país de acuerdo a las *inputs* y *outputs* observados.

Los Mapas Auto-organización se usan para visualizar el comportamiento de diferentes países en función de su similitud (usando

1.- Existen distintas bases de publicaciones científicas. Algunas son multidisciplinarias y otras específicas por disciplina científica. Dado que estas bases no son excluyentes respecto a las publicaciones que en ellas se incluyen, se decidió a los fines de este trabajo, considerar las publicaciones incluidas en la base multidisciplinar de mayor tamaño.

solamente las salidas o *outputs* de las variables del sistema) como indicadores de rendimiento.

Si bien estos métodos funcionan a partir de diferentes hipótesis, creemos que la comparación de los resultados (obtenidos a partir del conjunto de indicadores comunes) permitirán arribar a interesantes conclusiones, tanto desde el punto de vista de la eficiencia de los países como de la comparación entre los métodos.

4.1. TOPSIS

Hwang y Yoon (1995) desarrollaron la técnica TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) basándose en el concepto que es deseable que una alternativa determinada se ubique a la distancia más corta respecto de una solución ideal positiva y a la mayor distancia respecto a una solución ideal negativa. Una solución ideal se define como un conjunto de niveles (o puntuaciones) ideales respecto a todos los atributos considerados de un determinado problema, aun cuando la solución ideal usualmente sea imposible o no sea factible de obtener. En consecuencia, desde este punto de vista la racionalidad de la conducta humana consiste en ubicarse lo más cerca posible de tal solución ideal y en alejarse lo más posible de una solución antiideal o ideal negativa.

TOPSIS define un índice llamado similaridad (o proximidad relativa) respecto a la solución ideal positiva combinando la proximidad a la solución ideal positiva y la lejanía respecto a la solución ideal negativa. Se selecciona aquella alternativa que se ubica lo más cerca posible a la máxima similaridad respecto a la solución ideal positiva.

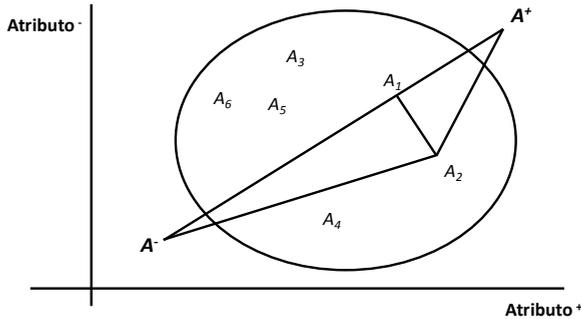
En la Figura 3 (Hwang y Yoon, 1995) se consideran las posiciones de dos alternativas A_1 y A_2 respecto al ideal de un atributo de beneficio (A^+) y al de un atributo de costo o desventaja (A^-). Las distancias euclídeas al ideal positivo y al ideal negativo muestran que, en este espacio bidimensional, A_1 se encuentra más cerca de A^+ y que A_2 está más lejos del antiideal A^- . Debido a esta situación de ambigüedad es necesario determinar el índice de similaridad de las dos alternativas, valor mediante el cual se tiende a maximizar la distancia relativa al ideal negativo respecto a la suma de las distancias respecto al ideal positivo y al ideal negativo respectivamente.

$$A^+ = \left| v_1^+, \dots, v_n^+ \right| \quad (1)$$

$$A^- = \left| v_1^-, \dots, v_n^- \right| \quad (2)$$

Denotando con v_j^+ a los mejores valores para el conjunto de criterios (ideal positivo), y con los v_j^- peores valores alcanzables o no deseables para el mismo conjunto (ideal negativo).

Figura 3. Posiciones de dos alternativas A_1 y A_2 , respecto de A^+ y A^-



El método determina primero el valor normalizado ponderado de cada alternativa i respecto al criterio j mediante aplicación de la distancia euclidiana como:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (3)$$

Los coeficientes r_{ij} normalizados son luego ponderados obteniéndose los valores

$$v_{ij} = w_j \times r_{ij} \quad (4)$$

Se calculan las distancias de cada alternativa i al ideal positivo S_i^+ y al ideal negativo S_i^- con las expresiones:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (5)$$

Finalmente el índice de similitud al ideal positivo se evalúa como el cociente:

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{(S_i^+ + S_i^-)} \quad (6)$$

Es decir que cuanto más elevado es el índice C_i^* más lejos se sitúa la alternativa i respecto al ideal negativo en relación a las distancias totales a los dos ideales y por tanto más preferida resulta su posición global.

En el presente trabajo se aplicó el método TOPSIS utilizando como datos de cada país, medidas de eficiencias parciales (salida/entrada), calculando a partir de distancias euclídeas el índice de similitud al ideal positivo. Así, cuanto más elevado resulte el índice, el país considerado se situó más lejos respecto al ideal negativo en relación a las distancias totales a los ideales y por lo tanto más preferido resultó su posición de eficiencia global.

4.2. Data Envelopment Analysis (DEA)

DEA es una herramienta de programación matemática, que permite comparar la eficiencia relativa de unidades que utilizan el mismo tipo de *inputs* para producir un mismo grupo de *outputs*. Los modelos DEA miden la eficiencia de cada unidad respecto a una frontera empírica, como el cociente de distancias entre la unidad considerada y otra unidad factible y eficiente situada en la frontera. En este trabajo se utilizará el modelo CCR Supereficiente (Andersen y Petersen, 1993), mediante el cual se obtendrá un ordenamiento completo de las universidades evaluadas y de esta manera comparar los resultados con los obtenidos en las otras metodologías.

En el intento de formular matemáticamente la técnica DEA, se hace necesario introducir el concepto de eficiencia técnica conocido como de Pareto Koopmans, el cual sostiene que "una unidad es eficiente si no puede aumentar su producción sin aumentar algún recurso, o bien, si no puede disminuir algún recurso sin disminuir su producción". A partir de este concepto, la medición de eficiencia lleva implícito la comparación de relaciones del tipo output/input.

DEA es una técnica no paramétrica, se caracteriza por su flexibilidad en la determinación de los pesos y por permitir la utilización de múltiples *inputs* y *outputs*. La metodología opera con el concepto de "frontera eficiente". Cada unidad (DMU) puede ser más eficiente si logra moverse a la línea de frontera. La referencia está en la línea de frontera, por lo que cada unidad tendrá diferentes "unidades referentes", según su posición relativa respecto a la línea eficiente.

4.2.1. Modelo de retornos constantes a escala (CCR)

Supongamos n unidades a evaluar (DMUs), donde cada DMU _{j} ($j=1, \dots, n$) produce s *outputs* y_{rj} ($r = 1, \dots, s$) utilizando m *inputs* x_{ij} ($i = 1, \dots, m$), DEA usa la siguiente medida de la eficiencia para la DMU _{j} :

$$h_j = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \quad (7)$$

donde v_i ($i=1, \dots, m$) y u_r ($r=1, \dots, s$) son los pesos o ponderaciones de los *inputs* y *outputs* para calcular, respectivamente, una suma ponderada de los m *inputs* y s *outputs* para la DMU _{j} .

Los pesos para una DMU _{j} pueden ser determinados, según Charnes, Cooper y Rhodes (1978), a través del siguiente problema de programación matemática:

$$\begin{aligned} h_o^* &= \max h_o \\ \text{sujeto a} & \\ h_j &\leq 1, \quad j = 1, \dots, n \\ v_i, u_r &\geq 0 \\ i &= 1, \dots, m \\ r &= 1, \dots, s \end{aligned} \quad (8)$$

donde,

$$h_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \quad (9)$$

representa el cociente entre la suma ponderada de *outputs* y la suma ponderada de *inputs* para la DMU considerada (DMU _{o}), lo que implica tener que resolver tantos programas no lineales como DMUs existan. Calculando este modelo para cada unidad, obtendremos los n índices de eficiencia DEA, h_j^* asociados a cada DMU, donde cada uno de ellos estará asociado a $(m + s)$ pesos óptimos, correspondientes a cada *input* y a cada *output*.

Resulta evidente que cuanto mayor sea h_j^* , mejor será el desempeño de la DMU _{j} con respecto a su eficiencia. Sin embargo, el

mayor valor posible es 1, debido a las restricciones impuestas en el programa matemático. Si $h_j^* = 1$ entonces DMU_j es relativamente eficiente.

Muchos autores insisten en que estos modelos sólo sirven para clasificar unidades en eficientes e ineficientes, pero no para su ordenación. Para solucionar estos inconvenientes se han desarrollado modificaciones a los modelos clásicos, como el Modelo Supereficiente (Andersen y Petersen, 1993) y el modelo *cross efficiency* (Sexton, 1986).

4.2.2. Modelo Supereficiente

Para evitar obtener más de una DMU con índices DEA iguales a uno, lo que generaría varias unidades compartiendo el primer lugar imposibilitando obtener un orden total estricto, Andersen y Petersen (1993) introdujeron una modificación al modelo: excluyendo la restricción $h_o \leq 1$ para la DMU_o, obtendremos:

$$\begin{aligned}
 h_o^* &= \max h_o \\
 \text{sujeto a} & \\
 h_j &\leq 1, \quad j = 1, \dots, n \quad \text{y } j \neq o \\
 v_i, u_r &\geq 0
 \end{aligned} \tag{10}$$

Esto permitirá que existan DMUs eficientes con valor mayor que la unidad, rompiendo con los empates que se suelen encontrar en las aplicaciones de DEA y que dificultan realizar un ordenamiento estricto. A este modelo se lo conoce con el nombre de supereficiente.

4.3. Mapas Auto Organizados

Los mapas auto-organizados (*SOM, Self Organizing Maps*), un conocido tipo de Red Neuronal, son una herramienta poderosa para el análisis visual de datos multivariados. Han mostrado ser una técnica valiosa en la exploración de datos, constituyendo una alternativa que complementa los métodos estadísticos tradicionales. Los Mapas Auto-organizados (SOM) son un tipo particular de Red Neuronal, en el que las neuronas (también denominadas “celdas” en este contexto) se ubican generalmente en un arreglo bidimensional.

La dimensión de cada celda de la red es idéntica a la de los vectores de entrada (patrones) con los que se la entrena pudiendo considerarla como asociadas a un vector de pesos, denominado “vector prototipo”. En la etapa de inicialización del mapa previa al entrenamiento, se les asigna valores aleatorios a los vectores prototipo o bien se los

hace variar linealmente en el mapa según los valores que toman las variables del conjunto de datos de entrenamiento.

Se define con las siglas BMU (por *Best Matching Unit*) a la celda cuyo vector prototipo es el que más se parece al patrón de entrada (según un criterio de distancia, generalmente euclidiana).

Durante el entrenamiento se ajustan los vectores prototipo al presentarse un patrón por iteración según la siguiente ecuación:

$$W_j(n+1) \leftarrow W_j(n) + \eta(n) h_{ji}(n) [X(n) - W_j(n)] \quad (11)$$

donde n es el número de iteración, j es el índice de la neurona considerada en la iteración, W_j es el vector prototipo de la celda j , $\eta(n)$ es la tasa de aprendizaje, $h_{ji}(n)$ es una función que define la vecindad centrada en la BMU y $X(n)$ es el vector de entrada (patrón) que se presenta en la iteración n . La tasa de aprendizaje y el radio de alcance de la función de vecindad van decreciendo conforme avanzan las iteraciones.

Una vez entrenado el SOM, existe una gran cantidad de maneras de visualizar su información. Pueden analizarse los valores que toma cada variable del vector prototipo de cada celda y representarse en mapas separados, mediante una escala de colores o de intensidades de grises. Estos mapas guardan relación topológica entre sí. Se suelen denominar “mapas de componentes” o “planos de componentes”. Alternativamente, pueden incluirse en las respectivas celdas los valores numéricos de las variables en lugar de, o complementando, la escala de colores para un análisis más detallado.

Para evaluar la calidad del entrenamiento del mapa, debe considerarse si los vectores prototipo representan realmente a los datos de entrenamiento, lo que se logra definiendo el error de cuantificación:

$$E_Q = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \|x_i - m_i\| \quad (12)$$

donde x_i es un patrón (dato), m_i es el estado interno de la BMU correspondiente a ese patrón y N es la cantidad de patrones del conjunto de entrenamiento.

También debe evaluarse si se ha preservado la topología de los datos, para lo que se define el error topográfico. Para todos los patrones de entrenamiento se calculan la celda del mapa que presenta una medida de mayor similitud (BMU) y la celda que le sigue en el orden de similitud (2º BMU). Si estas celdas no son adyacentes en el mapa, esto se considera un error. El error total se normaliza a una forma de 0 a 1, donde 0 significa la perfecta preservación de la topología:

$$E_T = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u x_i , \quad (13)$$

donde $u(x_i)$ vale 1 si la 2^o BMU no es una celda adyacente a la primera (ubicación topográfica) y 0 si lo es.

En consecuencia, durante el entrenamiento el SOM construye una proyección del espacio de las muestras y genera un mapeo que preserva la topología de los patrones multivariados en la grilla. La información sobre la distancia de grupos o *clusters* se visualiza en la proyección de la Matriz de Distancia Unificada.

La Matriz de Distancia Unificada se calcula a partir del mapa ya entrenado, considerando que la estructura del mapa es un arreglo bi-dimensional de celdas cuyos valores han sido adaptados durante el proceso de aprendizaje. Las matrices distancia son típicamente utilizadas para mostrar el agrupamiento o *clustering* de dicho mapeo, para ello se muestra una matriz donde las celdas se colorean en función de la distancia entre unidades vecinas.

Una técnica utilizada es la coloración de las celdas según su distancia con colores similares de forma tal que celdas parecidas presenten tonalidades similares. Entonces, los grupos o *clusters* se reconocen como regiones del mapa donde la distancia entre celdas es baja y existe una zona de separación (región de distancia importante entre celdas) que separa un grupo de otro.

Para analizar el comportamiento individual de cada variable en la formación del mapa, se visualizan los planos de componentes. Estos ayudan a descubrir cómo se comporta cada variable en relación con el agrupamiento identificado en la matriz distancia. Los planos por variable generan la información visual que permite correlacionar el comportamiento simultáneo de todas las variables que se consideran en este modelo.

5. RESULTADOS OBTENIDOS

5.1. TOPSIS

TOPSIS se aplicó a partir de considerar las medidas de eficiencia parciales como datos del modelo. Estas medidas se calcularon como cocientes *input/output* para cada país (PO/GID, SCI/GID y CI/GID). Para evaluar la distancia entre un país y la solución ideal y anti-ideal se utilizó la medida de la distancia euclídea. La solución ideal está formada por las mejores eficiencias parciales observadas entre los países analizados, mientras que la solución ideal negativa está formada por los valores de

estos indicadores que presentan el peor desempeño entre todos los considerados. El índice de similitud obtenido podría ser interpretado como una medida del desempeño de cada país en relación a las eficiencias parciales observadas.

Los Índices de similaridad obtenidos se detallan en la Tabla 2. El ranking muestra que Panamá, Paraguay y Guatemala tienen un buen desempeño en relación con la I+D (GID). Brasil y Ecuador tienen un rendimiento bajo al aparecer con menor índice de similitud.

Tabla 2. Índices TOPSIS

País	Índice
Panama	0,7777
Paraguay	0,5472
Guatemala	0,5404
México	0,3637
Uruguay	0,3626
Peru	0,2935
Costa Rica	0,2637
Chile	0,2535
Argentina	0,2057
Colombia	0,1493
Ecuador	0,0620
Brazil	0,0056

5.2. DEA

A los fines de obtener un ordenamiento completo de los países, se aplicó el modelo CCR supereficiente orientado a las salidas. Se consideró el GID como entrada y PO, SCI y CI como salidas. El objetivo es obtener una clasificación de la eficiencia del gasto para producir las salidas. Los resultados muestran que Panamá y Paraguay tienen valores superiores a 1 (supereficientes). Guatemala, Chile, Uruguay y Argentina también tienen un buen rendimiento (superior a 0,70). Brasil y Ecuador los menores resultados obtenidos (menos de 0,35).

Los resultados pueden considerarse similares a los obtenidos por TOPSIS, los países mejores posicionados resultaron nuevamente

Paraguay, Guatemala y Chile. Manteniéndose en los últimos lugares del ranking Brasil y Ecuador.

Tabla 3. Indices de Eficiencia DEA

País	Eficiencia
Panamá	2,5150
Paraguay	1,4940
Guatemala	0,9220
Chile	0,7510
Uruguay	0,7430
Argentina	0,7080
Mexico	0,6910
Colombia	0,6400
Costa Rica	0,5560
Peru	0,5380
Ecuador	0,3480
Brazil	0,3330

5.3. Mapas Auto-organizados.

Se entrenó un Mapa Auto-organizado, con las variables *PO*, *SCI* y *CI*, todas relativas al *GID*. Se intenta evaluar la eficiencia del gasto reflejado en la productividad. El diseño del mapa que presentó una buena preservación del espacio topográfico (error topográfico= 0.06) fue construido con una grilla de 15x 15 celdas. En la Figura 4.a se muestra la matriz distancia e impactos con nombres de los países como etiquetas de los casos estudiados.

En la Figura 4.b se realizó una coloración del mapa en función de la similitud de las celdas y también se impactaron los casos etiquetados con los nombres de los países.

Fig 4.a. Mapas auto-organizados. matriz distancia e impactos

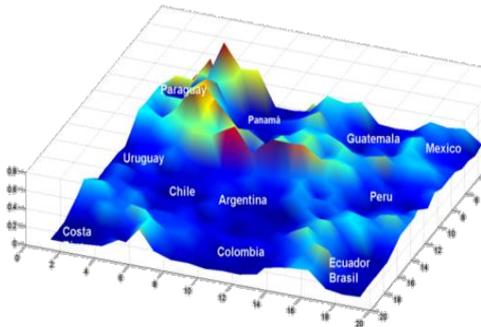


Fig 4.b. Mapa coloreado en función de la similitud de las celdas



Del análisis de las Figuras 4.a y 4.b podríamos inferir la existencia de regiones de comportamiento diverso. En la Figura 4.a (Matriz de Distancia Unificada), hallamos a Panamá lejano, en término de distancia euclidiana, del resto de los países, pues su región de impacto está fuertemente separada por celdas de valor alto (colores brillantes). En la Figura 4.b también vemos que se distingue nítidamente de los otros países (fuerte coloración azul, diferente del resto). En la Figura 4.a Paraguay está rodeado de celdas de distancia altas. En esta figura se observan nítidas separaciones entre el extremo derecho inferior Panamá y Paraguay y el extremo superior izquierdo, donde se hallan Brasil y Ecuador. El resto de los países comparten regiones de similitud.

En las Figuras 5, 6 y 7 se muestran los mapas de las variables SCI, PO y CI normalizadas por el gasto en I+D (GID), respectivamente. En los mapas de variables se mantiene la ubicación topográfica de cada país. Así podemos evaluar el nivel de cada variable en dicho mapa e interpretar similitudes y diferencias entre los casos.

De la interpretación del mapeo de estas variables generadas por el SOM se visualiza el comportamiento particular de Panamá, país que presenta un nivel alto, de las variables PO/GID y SCI/GID, en relación a los otros países analizados, y presenta un nivel medio de la variable CI/GID.

Colombia, Argentina, Chile y Uruguay presentan comportamientos fuertemente homogéneos en la Fig 4, bajo nivel de patentes otorgadas, y cierta variabilidad en los mapas de las variables SCI y CI. Una región homogénea es donde impactan Brasil y Ecuador que presentan comportamientos similares en las tres variables.

Fig 5. Mapa de la variable PO/GDI. Barra con marcas de valores según coloración.

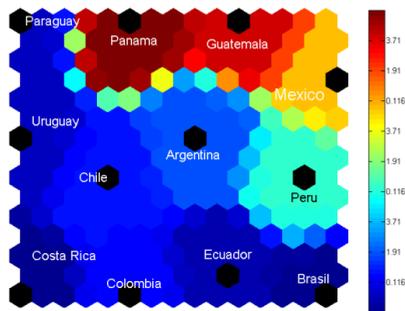


Fig 6. Mapa de la variable SCI/GDI. Se muestra la barra de colores con marcas de valores según coloración.

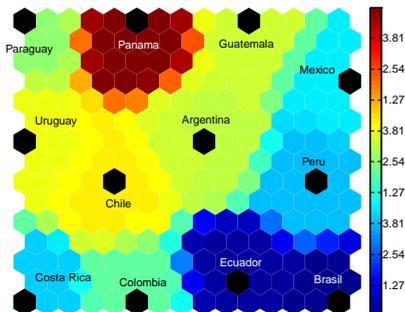
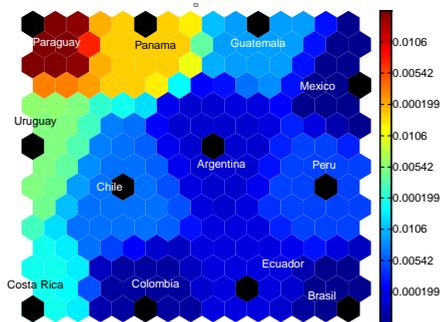


Fig 7. Mapa de la variable Ci/GDI. Se muestra la barra de colores con marcas de valores según coloración.



6. DEBATES

Al comparar los resultados obtenidos con los tres enfoques, se observa que el *ranking* de eficiencia no sufrió variaciones significativas. Tampoco hubo diferencias significativas en la comparación cardinal de los resultados. Las diferencias encontradas se relacionan fundamentalmente con la forma de trabajo de los métodos. DEA es un método de programación matemática que analiza el problema globalmente y en el que todas las DMUs se comparan al mismo tiempo, contrastando la relación de entrada/salida de la unidad analizada contra todas las demás unidades del problema.

TOPSIS obtiene resultados a partir de considerar como datos del problema a las medidas de eficiencias parciales, muestra a Panamá, Paraguay y Guatemala como el mejor del país en posición en el *ranking* de desempeño. Se observa que Brasil y Ecuador tienen los valores más alejados del ideal y cerca del anti-ideal, lo cual indica un mal desempeño. Existe un grupo de países con buena *performance* cuyos índices muestran valores muy cercanos (Perú, Costa Rica, Chile y Argentina), lo cual es consistente con lo mostrado por el mapa SOM.

Por su parte, los resultados del método DEA muestran un comportamiento similar a los obtenidos por TOPSIS, las mejores actuaciones las presentan Paraguay, Guatemala y Chile, mientras Brasil y Ecuador figuran en los últimos lugares en el *ranking*.

El análisis realizado indica que: a) el método DEA es relativamente sensible a las especificaciones de entrada y de salida, b) el modelo TOPSIS que se relaciona de productos y recursos se ha demostrado que ofrece *rankings* que son los más cercanos a DEA, y cuya clasificación general está de acuerdo con este método en la puntuación de las unidades más eficientes y menos eficientes. Estos hechos apoyan la elección de este método como complementario a las estimaciones presentadas por la DEA.

Los Mapas Auto-organizados, diseñados con las variables de producto en relación con el gasto, muestran gráficamente una distribución por países de acuerdo a su eficiencia. La posibilidad de visualizar los resultados y el comportamiento de las variables al mismo tiempo hace SOM una herramienta útil para la toma de decisiones.

Debido a la falta de datos comparables, no fue posible analizar los 24 países de América Latina. Una comparación completa de todos los países, junto con la aplicación de otras metodologías serán objeto de nuestro trabajo futuro. Como se mencionó anteriormente, los resultados no son concluyentes ya que están condicionados por la calidad y

disponibilidad de datos. Es fundamental, entonces, para mejorar la disponibilidad de datos y contar con información estadística estructurada en criterios comunes para todos los países de la región. Con una información más fiable, más estudios y comparaciones válidas serán posibles.

7. CONCLUSIONES

Sería deseable que los países latinoamericanos se propongan como objetivo estratégico a medio-largo plazo lograr una economía regional, más competitiva y dinámica, basada en el conocimiento, como forma de asegurar el crecimiento y desarrollo económico de la región.

Para ello, no solamente es necesario un mayor esfuerzo de los países en términos de incrementar el porcentaje de PIB destinado a I+D, sino también utilizar el presupuesto disponible de manera eficiente.

El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto de los diferentes niveles de gasto en la capacidad de innovar, medida por el número de patentes, publicaciones e índices de invención. Los resultados confirman que existe un desequilibrio entre los países de la zona; desequilibrio que debe corregirse con el fin de aumentar la eficiencia global de la región.

Este análisis muestra claramente que la I + D debe ser mejorada en los países con bajos índices de rendimiento para aumentar su rendimiento. Tema que está más allá del alcance de este documento y serán analizadas en futuros estudios.

REFERENCIAS

- Amiri M., Zandieh M., Vahdani B., Soltani R., Roshanaei V., (2010): *An integrated eigenvector-DEA-TOPSIS methodology for portfolio risk evaluation in the FOREX spot market*, Expert Systems with Applications, Volume 37, Issue 1, January 2010, Pages 509-516
- Andersen P. y Petersen N.C. (1993): *A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis*. Management Science. 39, 1261-1264
- Council of the European Union (2005): *Presidency Conclusions Brussels European Council*. <http://www.consilium.europa.eu/>
- Charnes, A., Cooper, W. W. & Rhodes, E. (1978): *Measuring The Efficiency Of Decision Making Units*. European Journal of Operational Research 2, pp. 429-444.
- Hwang C.L., K. Yoon (1981) *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer-Verlag, New York

- Kohonen T., (1982): *Self Organized Formation Of Topological Correct Feature Maps*. Biol Cybernetics, Vol. 43, pp. 59-96
- Li Min Chuang, Chun Chu Liu, Shu Tsung Chao (2006): *Data envelopment analysis in measuring r&d efficiency of semiconductor industry's new product development in Taiwan*. http://vk.com/topic-34209625_26298113 Disponible en web: 25-10-2011.
- Pözlbauer, Georg. (2004): *Survey and Comparison of Quality Measures for Self-Organizing Maps*. In *Proceedings of the Fifth Workshop On Data Analysis (Wda'04)*, pp. 67-82,
- Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana. <http://www.ricyt.org/>
- Sexton T. R. (1986): *The Methodology of DEA in Measuring Efficiency: An Assessment of DEA*. Ed. RH Silkman, Jossey-Bass, San Francisco, USA, pp. 73-104.
- Sharma Seema and V. J. Thomas (2008): *Inter-country R&D efficiency analysis: An application of data envelopment analysis* Scientometrics Volume 76 Issue - 3 pp 483-501
- Tasdemir, K.; Merenyi, E.; (2009): *Exploiting Data Topology In Visualization And Clustering Of Self-Organizing Maps*. *Neural Networks, IEEE Transactions On*. Vol.20, No.4, pp.549-562.
- Vesanto, J. (2002): *Data Exploration Process Based on the Self-Organizing Map*. Acta Polytechnica Scandinavica, Mathematics and Computing Series, No. 115, pp. 95. Published by the Finnish Academies of Technology

EVALUACION DE GESTION DE LA JUSTICIA EN LAS PROVINCIAS ARGENTINAS

MIGUEL ANGEL CURCHOD

CATALINA LUCIA ALBERTO

Palabras Clave: Eficiencia – *TOPSIS* – Justicia – Provincias.

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo realiza una evaluación global de la gestión sobre las unidades de la Administración de Justicia Ordinaria en la República Argentina. En este estudio se da un primer paso hacia una investigación posterior más detallada. Para ello, se propone realizar el análisis en forma general sin particularizar en los diferentes fueros que atiende el servicio de justicia (penal, civil, contencioso-administrativo, laboral o comercial). No se hace distinción ni de órganos ni de instancias. La idea central es obtener un panorama integral del sistema de justicia que sirva de diagnóstico y de guía para que, de esa forma, profundizar con otros estudios los aspectos mencionados.

Se desea realizar un ordenamiento de las gestiones provinciales de acuerdo a los diferentes criterios que sustentan la eficiencia y la eficacia de su producción. Este tipo de problema es conocido como problemas tipo γ . Para su resolución se ha aplicado el método multicriterio de apoyo a las decisiones **TOPSIS** (*Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution*).

Se hace constar que el texto base de este capítulo ha sido presentado en carácter de full paper en el XXV ENDIO y XXIII EPIO, realizado en Buenos Aires durante el año 2012. En esa oportunidad fue sometido a referato y aceptado por la comisión científica del evento.

2. SOBRE EL CONCEPTO DE EFICIENCIA

Teniendo en cuenta que la aplicación que se presenta tiene como objetivo analizar y evaluar la eficiencia de distintas unidades productivas, se estima pertinente hacer referencia explícita del sentido y alcance de este concepto, como así también, realizar una breve reflexión sobre los métodos utilizados para evaluarla.

Al hablar del rendimiento de una unidad productiva, generalmente, se utilizan indistintamente los conceptos de productividad y eficiencia; sin embargo, si bien existe una estrecha relación entre ellos, no significan exactamente lo mismo.

La productividad de un proceso es medida generalmente por el ratio: $[output / input]$, es decir, la cantidad de salida (producción) obtenida por unidad de entrada (insumo) empleada en el proceso de producción.

Consecuentemente, se interpreta como proceso productivo a la fase de transformación tecnológica de *inputs* variables en *outputs* variables.

Debe tenerse presente que la productividad de un proceso está determinada por factores variables, como son: la tecnología empleada, el entorno en el cual se desarrolla el proceso productivo y la eficiencia de dicho proceso.

En general, la eficiencia es considerada como una medida de comparación entre los *inputs* utilizados, los *outputs* obtenidos y los valores ideales de cada uno de ellos. De esta forma, se establecen comparaciones entre las entradas consumidas en el proceso de producción y las cantidades mínimas necesarias; o bien, entre las salidas obtenidas y las máximas alcanzables.

Así, se considera lo que en la bibliografía referida al tema se conoce como "**eficiencia técnica**".

La mayoría de los enfoques desarrollados comparten esta idea de relacionar los insumos utilizados, los productos obtenidos, y sus medidas ideales; es decir la relación entre medios, fines y valores óptimos.

Acordado el concepto de eficiencia, queda ahora, hacer algunas reflexiones sobre la técnica de medición que se utilizará para conocer ese proceso de transformación de entradas en salidas.

Los métodos tradicionalmente utilizados son:

- a. Técnicas econométricas, conocidas también como métodos paramétricos, requieren la formalización de la función de producción o frontera que relacione las variables que intervienen en el problema. Así, se estiman los parámetros que determinan el valor de la función definida. Estas técnicas tienen naturaleza estocástica e intentan distinguir el efecto del error aleatorio del efecto de la ineficiencia.
- b. Técnicas de programación matemática, no estocásticas, que calculan una frontera empírica o envoltura convexa a partir de los datos observados utilizando modelos de programación matemática.

Actualmente, otros autores utilizan los métodos de Decisión Multicriterio de Apoyo a las Decisiones (DMD) para medir eficiencia técnica. Este enfoque parte de considerar que el Análisis Envolvente de Datos (DEA) es un caso particular de las técnicas de Decisión Multicriterio (Pérez Mackegrang, 2003) y hacer extensiva esta perspectiva a otras herramientas de decisión Multicriterio. En este enfoque se propone equiparar: a) los criterios de mínimo a los *inputs*, b) los criterios de máximo a los *outputs* y c) las alternativas a las Unidades Decisionales de Transformación (DMU); a partir de ello, trabajar el problema mediante técnicas de Apoyo Multicriterio a las Decisiones.

La bibliografía internacional consultada refiere abundantemente a la utilización de técnicas cuantitativas aplicadas a la evaluación de eficiencia en las Cortes de Justicia en países como Estados Unidos, Canadá y en general en países europeos. No es tan frecuente en los países latinoamericanos. En los trabajos consultados se puede observar que la técnica generalmente empleada, en casos similares al que nos ocupa, es el Análisis Envolvente de Datos, aún cuando también se han encontrado trabajos utilizando modelos paramétricos (Pedraja, F. et al. 1995).

Asimismo, se ha observado que, independientemente de la técnicas utilizadas (de programación matemática o paramétricas), las entradas y salidas definidas no difieren mayormente en los trabajos revistos.

Por otra parte se considera importante destacar que la generalidad de los trabajos realizan el análisis partiendo desde lo particular; es decir, sitúan el estudio en un área (penal, laboral, civil ... etc.) o en una jurisdicción determinada o en una instancia determinada.

3. EL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE JUSTICIA

Si bien disciplinas como la filosofía o las ciencias jurídicas han abordado el tema de la justicia, la intención de este trabajo no es debatir éticamente sobre este concepto.

Tampoco se pretende realizar un desarrollo multidisciplinario del tema. El objetivo del trabajo es impulsar la utilización de métodos cuantitativos de gestión, de tal forma de potenciar la producción de este bien público y mejorar la *performance* de los órganos que la proveen.

Aún cuando se ha acotado el objetivo del trabajo; se considera importante tener presente algunas de las características esenciales de la justicia que son generalmente aceptadas.

La justicia es un bien público consistente en un conjunto de normas que regulan la convivencia de los ciudadanos. Por lo tanto, es

responsabilidad del Estado proveer ese conjunto de reglas y dar garantía de su cumplimiento y aplicación.

Nuestra legislación refiere a este derecho sustancial en la Constitución Nacional. En el preámbulo de esta norma se declaran: fines, bienes o valores a lograr y a consolidar, entre ellos se encuentra "... *afianzar la justicia*". Esto implica considerar a la justicia como un valor supremo del mundo jurídico-político y por ello; el hacer justicia y garantizarla, se convierte en una obligación ineludible del Estado.

En Argentina, la provisión de justicia es responsabilidad del Poder Judicial de la Nación.

El Poder Judicial de la Nación, uno de los tres poderes de la República, está integrado por la Corte Suprema de Justicia, y por los demás tribunales inferiores, establecidos por el Congreso, en el territorio de la Nación¹, a nivel federal y provincial.

Su naturaleza y funcionamiento está normado en la Constitución de la Nación Argentina en su segunda parte, tercera sección.

La Corte Suprema de Justicia de la Nación es el más alto tribunal de justicia del país. La Corte tiene competencia sobre determinadas materias que se encuentran reguladas en los Artículos 116 y 117 de la Constitución.

De acuerdo a lo establecido por el artículo 116 ... " *corresponde a la Corte Suprema y a los tribunales inferiores de la Nación, el conocimiento y decisión de todas las causas que versan sobre puntos regidos por la Constitución y por las leyes de la Nación, con la reserva hecha en el inciso 12 del Artículo 75²; y por los tratados internacionales; de las causas concernientes a embajadores, ministros públicos y cónsules extranjeros; de las causas de almirantazgo y jurisdicción marítima; de los asuntos en que la Nación sea parte; de las causas que se susciten entre dos o más provincias; entre una provincia y los vecinos de otra: entre los vecinos de diferentes provincias; y entre una provincia o sus vecinos, contra un Estado o ciudadano extranjero*".

El Consejo de la Magistratura³ es un órgano permanente del Poder Judicial; de composición multisectorial y regulado por ley especial⁴; a este órgano le corresponde, fundamentalmente, administrar los recursos, ejecutar el presupuesto y controlar directamente a los magistrados.

¹ Artículo 108 – Constitución de la Nación Argentina

² Se refiere a Dictar los Códigos de Fondo: Civil, Comercial, Penal, etc.

³ Artículo 114 – Constitución de la Nación Argentina

⁴ Ley N° 24937 (t.o. Decreto N° 816/1999) reformada parcialmente por Ley N° 26080 (t.o. Decreto N° 207/2006)

Los jueces permanecen en sus cargos “mientras dure su buena conducta⁵” y sólo pueden ser removidos en caso de infracciones graves, por un “Jurado de Enjuiciamiento”, integrado por legisladores, magistrados y abogados.

De lo expuesto, se puede advertir que la administración de justicia en Argentina se erige sobre la base de dos fueros: la justicia ordinaria y la justicia federal.

La justicia ordinaria está administrada y organizada por cada provincia de acuerdo a la autonomía que la Constitución Nacional les confiere en el artículo 5. Por esta razón, la organización judicial es distinta en cada provincia de la República en concordancia con lo que establece cada constitución provincial. No obstante esta autonomía; la mayoría de las provincias están organizadas a través de Juzgados de Paz, Juzgados de Primera Instancia, Cámaras de Apelación y un máximo tribunal provincial⁶. En la República Argentina se reconocen 24 jurisdicciones provinciales sobre las cuales se realiza el análisis de este trabajo.

La justicia federal es la vía de excepción y rige sobre las causas específicamente establecidas en la Constitución. El territorio de la República está dividido en 17 jurisdicciones federales.

4. EL PROBLEMA

Frecuentemente, suele pensarse que la provisión ineficiente de bienes y servicios públicos es una característica exclusiva de los Estados latinoamericanos o del tercer mundo. Esta visión suele responder a una visión acotada de las variables que intervienen en esta problemática. Si se considera a reconocidos autores como, por ejemplo, Michel Crozier (1989) se puede ampliar la perspectiva de análisis. Crozier advierte que ... *“la crisis de la Administración Pública no es sólo francesa sino que es universal”* ... agregando que si se quieren entender las razones de esta crisis debe tenerse en cuenta el mayor número de necesidades, el aumento consecuente de las demandas y las menores posibilidades de intervención por parte del Estado; señalando además que, paradójicamente, mientras mayor es el grado de libertad de los individuos de una sociedad mayor es la necesidad de organización.

En este contexto, la única posibilidad de contrarrestar las características de este escenario es lograr un Estado eficiente, orientado al usuario y que provea los bienes públicos en forma generalizada.

⁵ Artículo 100 – Constitución de la Nación Argentina.

⁶ La denominación de este tribunal de máxima jerarquía varía según la provincia.

Es decir que los Estados modernos se enfrentan al desafío de proporcionar cada vez más bienes y servicios públicos; minimizando sus costos y simultáneamente maximizando su calidad.

En particular, el suministro del bien público "justicia" debe ser dotado de universalidad, eficacia y eficiencia.

Dentro de este marco, se adhiere a presentar un modelo de evaluación que permita sugerir medidas de intervención para disminuir la discrecionalidad y aumentar las peculiaridades propias reconocidas al bien justicia.

5. METODOLOGÍA

El método seleccionado como adecuado y conveniente para realizar la evaluación es *TOPSIS* (*Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution*).

Este método de DMD fue presentado originalmente por C. Hwang y K. Yonn (1995). Se fundamenta en determinar la preferencia de un conjunto finito de alternativas cumplimentando simultáneamente dos objetivos; la minimización de la distancia existente entre cada una de las alternativas del conjunto de elección a una alternativa ideal virtual (cercanía a un punto de máxima *performance*) y la maximización de la distancia existente entre las mismas alterativas a otra alternativa virtual anti - ideal (lejanía a un punto de mínima *performance*). La simultaneidad en los objetivos se plasma a través del cálculo de un ratio de similaridad o proximidad relativa.

Se considera importante dejar constancia que la metodología elegida, en esta etapa inicial de la investigación, se fundamenta en las características intrínsecas de los métodos de DMD, las cuales facilitan el abordaje de problemas poco estructurados; permitiendo la construcción de un modelo ordenado en niveles de análisis, de acuerdo a sus objetivos, atributos y criterios. Además, permiten simplificar la consulta a expertos.

Por otra parte; si bien se prevé utilizar en un futuro cercano el Análisis Envolvente de Datos, la selección de un modelo DEA implica establecer *a priori* supuestos respecto de la libre disponibilidad de insumos, la convexidad y los rendimientos a escala, por esta razón, en esta etapa inicial de estructuración del problema se ha preferido un modelo DMD.

6. APLICACIÓN

Para estructurar y resolver el problema a través de *TOPSIS* se han propuesto las siguientes los pasos:

➤ **Paso 1:** Estructuración del problema.

Este paso consiste en comprender el problema a través una estructura integrada de niveles. Para ello es necesario determinar y especificar claramente el objetivo a alcanzar, identificar las alternativas, detectar los atributos y definir los criterios de evaluación (entradas y salidas).

Objetivo: el objetivo del problema es analizar y evaluar la eficiencia técnica de la estructura del servicio de justicia en la República Argentina determinando un *ranking* de desempeño de las diferentes unidades decisionales de transformación (m alternativas) evaluadas bajo la óptica de n atributos.

Alternativas: el conjunto de alternativas posibles a clasificar está constituido por los 24 jurisdicciones (generalmente se identifican con las provincia de la República) en los que se ha dividido el territorio nacional.

En forma comprensiva: $[J_i \in A; i \in I = i / i \in \mathbb{N} \wedge 1 \leq i \leq 24]$

donde :

J_i = Jurisdicción de Justicia i

A = Conjunto de Alternativas

Definición de Variables (Entradas y Salidas): la eficiencia de las diferentes jurisdicciones de administración de justicia se medirá a través de $h+k$ atributos asociados respectivamente a dos grupos de variables; las denominadas variables de insumo, entrada o inputs que representan los factores o recursos que cada jurisdicción dispone para realizar su actividad y aquellas variables llamadas de servicio, salida o outputs, que miden la producción de cada una de las jurisdicciones.

Los h atributos relacionados con cada alternativa se corresponden con criterios de mínimo, en cambio, los k atributos restantes se corresponden con los criterios maximizadores.

Así se definieron las siguientes variables dentro de cada grupo:

A. **Variables de Insumo** (entrada o *inputs*)

Entrada (1): Suma ponderada de los integrantes del poder judicial

$$E(1) = [w_1 J_{u_i} + w_2 F_i + w_3 E_i]$$

donde:

w_i ; $i = 1,2,3$ peso asignado a cada componente

J_{u_i} = cantidad de jueces asignados en la jurisdicción i ; $i = 1$
...24

F_i = cantidad de funcionarios asignados en la jurisdicción i ; $i = 1$
...24

E_i = cantidad de empleados asignados en la jurisdicción i ; $i = 1 \dots 24$

Entrada (2): Fondos – Presupuesto Anual

$E(2)$ = cantidad de pesos (moneda corriente) asignados a la jurisdicción i ; $i = 1 \dots 24$

Entonces:

x_{ij} = valor que asume la alternativa i en el atributo j (valor de la entrada).

B. **Variables de Servicio** – (salida o *outputs*)

Salida (1): Indicador a nivel país – Variable *output*. Se corresponde con la suma ponderada de:

- 1.1. Población: cantidad de habitantes en cada jurisdicción
- 1.2. Superficie: cantidad de kilómetros cuadrados en cada jurisdicción

Esta variable constituye un indicador sobre la cantidad de habitantes y superficie a quienes y donde deben prestarse los servicios de justicia.

$$S(1) = [w_1 P_i + w_2 S_i]$$

donde:

w_i ; $i = 1,2$, peso asignado a cada componente

P_i = cantidad de habitantes en la jurisdicción i ; $i = 1 \dots 24$

S_i = cantidad de km^2 de la jurisdicción i ; $i = 1 \dots 24$;

Los pesos de ponderación de cada variable agregada fueron definidos por expertos.

Salida (2): cantidad de causas resueltas en la jurisdicción i ; $i = 1 \dots 24$

Salida (3): tasa promedio de sentencias dictaminadas en la jurisdicción i ; $i = 1 \dots 24$

Entonces:

y_{ij} = valor que asume la alternativa i en el atributo j (valor de la salida).

En definitiva, los datos del problema pueden ser expresados a través de una matriz de entradas de orden (mxh) y una matriz de salidas de orden (mxk) , siendo $(h+k)=n$

➤ **Paso 2:** Definición de los vectores de pesos para las entradas y para las salidas.

La metodología utilizada para la indagación al panel de expertos se formalizó a través de entrevistas personales, cuestionarios repetitivos respetando las formalidades específicas del método de prospección Delphi. Se deja constancia que en esta oportunidad se consultaron tanto a abogados y funcionarios directamente relacionados con la administración de justicia como así también a otros profesionales en calidad de usuarios de los servicios de justicia o relacionados por diferentes motivos con la actividad, permitiendo de esta manera obtener una opinión "social" sobre el tema indagado.

A cada entrada y a cada salida se le asignó una ponderación que mide su importancia relativa y que simbolizamos por u_j y por v_j , estas ponderaciones o pesos son los componentes de los vectores U y V respectivamente:

$$U = [u_1, u_2]; U = [0,30, 0,20]$$

$$V = [v_1, v_2, v_3]; V = [0,10, 0,20, 0,20]$$

➤ **Paso 3:** Función de distancia y elección de la métrica a utilizar.

Para medir la distancia de una unidad al punto ideal o al anti-ideal se suelen utilizar diferentes métricas; generalmente, la más utilizada es la distancia o métrica de Minkowski que se define como:

$$D_p(x, y) = \left[\sum_i (x_i - y_i)^p \right]^{\frac{1}{p}} \quad (1)$$

En este caso particular se utilizó el parámetro $p=1$, conocido, dentro de las métricas de Minkowski, como distancia ciudad, *Manhatan* o *city block*.

$$D_{p=1}(x, y) = \left[\sum_i |x_i - y_i| \right] \quad (2)$$

➤ **Paso 4:** Seleccionar el método de normalización de la matriz de entradas y salidas (datos). Para normalizar los valores x_{ij} y y_{ij} se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^m x_{ij}} ; \quad \bar{y}_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{j=1}^m y_{ij}} \quad (3)$$

➤ **Paso 5:** Construir la matriz de datos normalizada y ponderada.

➤ **Paso 6:** Identificar la solución ideal. La solución virtual o ficticia ideal se construye a partir de las mejores valuaciones presentadas entre todas las alternativas para cada uno de los atributos.

Para cada atributo j ; $(1,2,3,...n)$ se determina la mejor valuación:
 $a_{ij}^+ = \max_i a_{ij}$ de tal forma que la unidad ideal será:
 $a^+ = (a_{i1}^+, a_{i2}^+, a_{i3}^+...a_{in}^+)$

Así la unidad decisional ideal (virtual) está representada por:

Cuadro N° 1: Unidad Virtual Ideal

	ENTR. (1)	ENTR. (2)	SAL. (1)	SAL. (2)	SAL. (3)
Valor ideal	113	41.356.223	7.679.874	884.996	0,7900
Valor ideal normal	0,0069	0,0073	0,3612	0,3492	0,0848
Jurisdicción	Tierra del Fuego	La Rioja	Buenos Aires	Buenos Aires	San Juan

Una vez identificada la unidad ideal puede calcularse la distancia existente desde cada alternativa a ella con la siguiente fórmula:

$$D^M(a_i) = \left[\sum_{j=1}^n \left| \bar{V}_{ij} - \bar{V}_{ij}^M \right| \right] \quad (4)$$

donde:

$D^M(a_i)$ = distancia ciudad al punto ideal de la alternativa i

\bar{V}_{ij} = valor normalizado y ponderado de la alternativa i en el atributo j

\bar{V}_{ij}^M = es el valor máximo normalizado y ponderado en el atributo j

➤ **Paso 7:** Identificar la solución anti-ideal: la solución virtual o ficticia anti-ideal se construye a partir de las peores valuaciones presentadas entre todas las alternativas para cada uno de los atributos.

Para cada atributo \bar{v}_j ; $(1,2,3,...n)$ se determina la peor valuación:
 $a_{ij}^- = \min_i a_{ij}$ de tal forma que la unidad ideal será:
 $a^- = (a_{i1}^-, a_{i2}^-, a_{i3}^- \dots a_{in}^-)$

Así la unidad decisional ideal (virtual) está representada por:

Cuadro N° 2: Unidad Virtual Anti-ideal

	ENTR. (1)	ENTR. (2)	SAL. (1)	SAL. (2)	SAL. (3)
Valor anti ideal	5.390	1.720.620.790	73.892	5.422	0,1347
V. anti ideal norm.	0,3302	0,3021	0,0035	0,0021	0,3411
Jurisdicción	Buenos Aires	Buenos Aires	Tierra del Fuego	Catamarca	Santa Fe

Una vez identificada la unidad anti ideal puede calcularse la distancia existente desde cada alternativa a ella con la siguiente fórmula:

$$D^m(a_i) = \left[\sum_{j=1}^n \left| \bar{v}_{ij} - \bar{v}_{ij}^m \right| \right] \quad (5)$$

donde:

$D^m(a_i)$ = distancia ciudad al punto anti - ideal de la alternativa i

\bar{v}_{ij} = valor normalizado y ponderado de la alternativa i en el atributo j

\bar{v}_{ij}^m = es el valor mínimo normalizado y ponderado en el atributo j

➤ **Paso 8:** Evaluar cada alternativa a través del ratio de similaridad

$$RS_i = \frac{D^m(a_i)}{D^m(a_i) + D^M(a_i)} \quad (6)$$

➤ **Paso 9:** Ordenar de las Alternativas. Confeccionar el *ranking* de las unidades evaluadas de acuerdo al criterio maximizador del RS_i .

El siguiente cuadro (Cuadro N° 3) muestra la evaluación global de las alternativas (Jurisdicciones de Administración de Justicia) y el orden que estas ocupan en el *ranking* de eficiencia obtenidos de acuerdo a la

metodología propuesta.

Cuadro Nº 3: Ratios de Similaridad

ORDEN	JURISDICCIÓN	RATIO SIMILARIDAD
1	CORRIENTES	0,8641
2	NEUQUEN	0,8602
3	CHUBUT	0,8585
4	SANTA CRUZ	0,8573
5	CHACO	0,8533
6	RIO NEGRO	0,8523
7	ENTRE RIOS	0,8433
8	MENDOZA	0,8267
9	CIUDAD AUTONOMA DE BS AS	0,8193
10	TUCUMÁN	0,8177
11	MISIONES	0,8125
12	SALTA	0,8099
13	SAN LUIS	0,8069
14	CATAMARCA	0,8032
15	FORMOSA	0,7893
15	LA PAMPA	0,7892
17	CORDOBA	0,7842
18	SANTIAGO DEL ESTERO	0,7749
19	SAN JUAN	0,7513
20	JUJUY	0,7269
21	LA RIOJA	0,7048
22	SANTA FE	0,6999
23	TIERRA DEL FUEGO	0,6657
24	BUENOS AIRES	0,3767

7. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos, se destacan los siguientes aspectos:

- La valoración que obtiene cada Jurisdicción de Justicia es el cociente de distancia relativa que separa una alternativa determinada con una solución anti-ideal, el orden de preferencia se fija por la lejanía a esta unidad virtual.
- La primera (mejor) posición del ranking la ocupa la Jurisdicción de Corrientes.
- La última posición del ranking la ocupa la Justicia de la provincia de Buenos Aires.
- El promedio del ratio de similaridad es de 0,78.
- La desviación estándar es de 0,1022.
- 23 jurisdicciones se encuentran sobre un valor del ratio de similaridad superior al 0,65.
- La excepción al punto anterior es la Jurisdicción correspondiente a la provincia de Buenos Aires.
- No se advierte una marcada influencia regional.
- Se considera importante comenzar a explorar en detalle la Jurisdicción Buenos Aires.
- La Jurisdicción Buenos Aires asume los valores ideales en dos de las tres salidas consideradas.
- La Jurisdicción Buenos Aires asume los valores anti-ideales en las dos entradas consideradas.
- En el análisis abordado es importante considerar la posición de cada unidad con respecto a la unidad virtual de referencia ideal y anti-ideal.

Por otra parte y como se dijo anteriormente, este trabajo se corresponde a la etapa inicial de estructuración del problema de evaluación de la justicia en Argentina. Consideramos que nos ha permitido conocer las reglas de funcionamiento del sistema. Es nuestra intención avanzar en un análisis más pormenorizado de la eficiencia de las unidades judiciales, para lo cual se prevé utilizar el Análisis Envoltante de Datos.

REFERENCIAS

- Constitución de la Nación Argentina. (1994). Editorial Espartaco. Argentina ISBN NS 987-98632-3-2.
- CROZIER, M., (1989): *Estado Moderno, Estado Modesto*. Fondo de Cultura Económica. Méjico.

- PEDRAJA F., SALINAS, J.(1995): *La Eficiencia en la Administración de Justicia. Las Salas de lo Contencioso de los Tribunales Superiores de Justicia*. Revista de Economía Aplicada Número 8 (Vol III). Pág. 163 a 195.
- PÉREZ MACKEPRANG C., (2003): *(DEA) como Método de Evaluación Multiatributo Discreta*. XVI ENDIO (Encuentro Nacional de Docentes en Investigación Operativa – XIV EPIO Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa). La Plata, Argentina.
- YONN, K., HWANG, C.L. (1995): *Multiple Attribute Decision Making: An Introduction*. Sage. California, USA.

MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN Y ORDENAMIENTO APLICADOS A LA MEDICIÓN DEL BIENESTAR SOCIAL DE PAÍSES LATINOAMERICANOS

RACAGNI, JOSEFINA

MARIANA FUNES

Palabras Clave: Clasificación no supervisada, TOPSIS, Bienestar Social, Latinoamérica.

1. INTRODUCCIÓN

El grado de Bienestar Social alcanzado por un país ha sido con frecuencia asociado con su grado de desarrollo económico, y por tanto, con el nivel de generación de riquezas. En ese sentido, el Producto Bruto Nacional per cápita (u otras medidas similares), suelen considerarse buenos indicadores de desarrollo. Sin embargo, los indicadores económicos puros no son capaces de reflejar de manera adecuada la naturaleza multidimensional del desarrollo humano.

La Organización Mundial de la Salud, en un intento por definir este concepto, lo asocia a un *conjunto de factores que participan en la calidad de la vida de las personas y aportan a su existencia elementos que dan lugar a su tranquilidad y satisfacción*, y define a la “Calidad de Vida” como *la percepción personal de un individuo de su lugar en la vida, dentro del contexto cultural y del sistema de valores en los que vive y en relación con sus objetivos, sus expectativas, sus valores e inquietudes*. Influyen en este segundo concepto un conjunto muy amplio de factores tales como la salud física del sujeto, su estado psicológico, su nivel de independencia, sus relaciones sociales y su relación con los elementos esenciales de su entorno, por lo que nuevamente se trata de un concepto abstracto e impreciso. Sin embargo, estas dos últimas aproximaciones, nos sugieren que el Bienestar Social se vincula estrechamente con un estado de satisfacción y realización de los individuos que integran una sociedad, influido por su estado de salud (físico y psicológico), por factores culturales, por el bienestar económico que goza la sociedad en cuestión y por consideraciones relacionadas con la forma en que la riqueza generada se distribuye entre sus habitantes.

En virtud de estas consideraciones, podemos afirmar que definir al Bienestar Social en forma positiva resulta extremadamente complejo y conlleva un alto grado de subjetividad. Por consiguiente, optamos por estudiar este fenómeno indirectamente a través del análisis de un conjunto de indicadores que representan las exteriorizaciones de tales conceptos, en forma similar a lo que realiza el Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) a través del Índice de Desarrollo Humano (IDH).

El Índice de Desarrollo Humano, calculado anualmente desde 1990, se computa como el promedio ponderado de tres indicadores (representativos de otros tantos atributos socioeconómicos):

1. Longevidad: reflejada por la Esperanza de Vida al nacer.
2. Estándar de vida: basado en el Producto Bruto Interno per cápita medido en Dólares Paridad Poder Adquisitivo.
3. Logros educativos: calculado como un promedio ponderado de otros dos sub-indicadores: i) Tasa de alfabetización de adultos; ii) Tasa bruta combinada de matriculación primaria, secundaria y terciaria.

En este trabajo intentamos evaluar el bienestar social de los países latinoamericanos, contemplando el conjunto de indicadores empleados en el cálculo del IDH, e incorporando otros que permitan aportar más información sobre los aspectos medidos y puedan captar otras dimensiones no consideradas en el cálculo de este índice, como el impacto en el medio ambiente, el acceso a la tecnología y la calidad de la gobernabilidad. En una primera etapa, utilizamos métodos de clasificación no supervisada, particularmente, los métodos K-means y Jerárquico, obteniendo tres grupos de países con características similares respecto de los indicadores seleccionados. En una segunda etapa, recurrimos al método multiatributo TOPSIS para ordenar los países de cada grupo en sentido decreciente de su grado de bienestar social y de esta manera obtener un ranking de todos ellos.

Se hace constar que el texto base de este capítulo ha sido presentado en carácter de full paper en el congreso de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa (XXIV ENDIO - XXII EPIO), realizado durante el año 2011 en la localidad de Río Cuarto, Provincia de Córdoba. Oportunidad en la que fue sometido a referato y aceptado por la comisión científica del evento.

En el apartado siguiente presentamos los indicadores que utilizamos para evaluar el bienestar social de los países. En el punto 3 describimos la metodología que proponemos para agrupar y ordenar los

países y los resultados de la aplicación de los métodos. En el punto 4 presentamos las consideraciones finales y en el punto 5, las referencias.

2. INDICADORES QUE INCIDEN EN EL BIENESTAR SOCIAL

Sin pretender abarcar la totalidad de los aspectos relevantes, en la presente aplicación consideraremos los siguientes atributos e indicadores¹:

Atributo Salud

Podemos considerar que la posibilidad de vivir una vida larga y saludable contribuye a un mayor nivel de Bienestar. Los indicadores seleccionados para caracterizar este atributo son la Esperanza de Vida al Nacer (EVN), el Gasto en Salud per Cápita, medido en U\$S de Paridad de Poder Adquisitivo (GS) y la Tasa de Mortalidad Infantil (TMI).

Atributo Educación

Una adecuada educación no sólo es un símbolo de Bienestar Social en sí mismo, sino que representa también la posibilidad de mejoramiento a futuro. Los indicadores representativos de este atributo son: la Tasa de Alfabetización de Adultos (TAA) y la Tasa Bruta Combinada de Matriculación Primaria, Secundaria y Terciaria (TBC).

Atributo Estándar de Vida

Aunque la creación de riquezas pueda ser objetable como única medida de desarrollo, es indudable que contribuye a hacer posible el aumento de la calidad de vida de la población. Consideramos como representativo de este atributo el Producto Bruto Interno per Cápita, medido en U\$S de Paridad de Poder Adquisitivo (PBI).

Atributo Acceso a la Tecnología

Para considerar el acceso de la población a los beneficios generados por la tecnología en términos de telecomunicaciones, aspecto que contribuye a mejorar la calidad de vida, consideramos los indicadores Líneas de Telefonía Celular (LTC) y Usuarios de Internet (UI).

¹Esta selección ha estado condicionada por la disponibilidad de información, que no siempre es todo lo completa que hubiéramos deseado.

Atributo Impacto Medioambiental

Si deseamos tener en cuenta la sustentabilidad y capacidad de conservar el nivel de Bienestar Social alcanzado, no sólo para nuestra generación, sino especialmente para el futuro, no podemos ignorar el efecto que sobre el medio ambiente tiene el accionar del hombre, aspecto que indudablemente impacta sobre la calidad de vida presente y futura de la población. El indicador considerado para representar esta dimensión del Bienestar Social es Emisiones de Dióxido de carbono per Cápita (ECO2).

Atributo Calidad de la Gobernabilidad

Se ha comprobado que existe una fuerte relación de causalidad entre la buena gobernabilidad y mejores resultados de desarrollo tales como mayores niveles de ingreso, menor mortalidad infantil, mayor alfabetización, considerándola, en términos generales, como las tradiciones e instituciones por las cuales se ejerce la autoridad de un país. A fin de medir las consecuencias de la gobernabilidad o la falta de ella para el desarrollo, empleamos dos agregados elaborados por el Banco Mundial en su reporte Governance Matters², Efectividad Gubernamental (EG) y Calidad Regulatoria (CR), construidos en base a las percepciones de los residentes de un país, empresarios, expertos, inversores externos y la sociedad civil en general.

La Tabla 1 resume los indicadores seleccionados según el atributo que intenta medir, la codificación asignada, la clasificación de los mismos en positivos o negativos en virtud de considerar si mayores valores de los indicadores son deseables o no, en término de aumentar el grado de bienestar social y las fuentes utilizadas para la obtención de los datos³.

Tabla 1: Codificación y clasificación de los indicadores seleccionados

Atributo	Indicador	Código del indicador	Clasificación	Fuente
Salud	Esperanza de vida al nacer (2000-2005)	EVN	Positivo	Informe sobre Desarrollo

² Kaufman, et al. 1999

³ En el Anexo I al final del Trabajo se ofrece un detalle de todos los indicadores seleccionados y en el Anexo II se presenta la base de datos.

Salud	Gasto en salud per cápita U\$S PPP (2004)	GS	Positivo	Humano 2007-2008
Salud	Tasa de Mortalidad Infantil (2005)	TMI	Negativo	
Educación	Tasa de alfabetización de adultos (1995-2005)	TAA	Positivo	
Educación	Tasa bruta combinada de matriculación primaria,	TBC	Positivo	
Estándar de vida	PBI per Cápita U\$S PPP (2005)	PBI	Positivo	
Uso de tecnología	Líneas de telefonía celular (cada 1000 habitantes) (2005)	LTC	Positivo	
Acceso a la tecnología	Usuarios de internet (cada 1000 habitantes) (2005)	UI	Positivo	
Impacto Medioambiental	Emisiones de dióxido de carbono per cápita (2004)	ECO2	Negativo	
Calidad de Gobernabilidad	Indicador de Efectividad Gubernamental	EG	Positivo	Cuestiones de Gobernabilidad V (Banco Mundial) ⁴
Calidad de Gobernabilidad	Indicador de Calidad Regulatoria (2005)	CR	Positivo	

3. ANALISIS DE LOS PAISES SEGÚN SU BIENESTAR SOCIAL

Antes de avanzar en el desarrollo del tema consideramos oportuno establecer la terminología y notación utilizada.

Sea A el conjunto de m países a estudiar. Consideraremos que el desempeño de cada país depende de un conjunto J de n indicadores,

⁴ Governance Matters V. Acceso al documento y la base de datos en <http://worldbank.org/wbi/governance>.

de tal manera que x_{ij} representará el desempeño del país i respecto del indicador j , para $i: 1, 2, \dots, m$ y $j: 1, 2, \dots, n$.

El conjunto de datos será representado por la matriz $\mathbf{X} = [x_{ij}]$.

Cada vector fila de la matriz representará un país $\mathbf{a}_i = x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}$,

y cada vector columna, un indicador $\mathbf{j}_j = [x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}]$.

3.1. Metodología para la obtención de los grupos⁵:

Las técnicas de agrupamiento permiten descomponer una estructura compleja de los datos en partes que puedan ser explicadas más fácilmente. Determinado un cierto número de grupos, es posible encontrar patrones que los caractericen. Técnicamente, los algoritmos de clasificación no supervisada buscan encontrar una estructura en los datos sin considerar un objetivo en particular, conformando grupos de observaciones con características similares dentro de cada uno de ellos. Existe una gran variedad de algoritmos para agrupar datos. Se los puede clasificar, en algoritmos particionantes y jerárquicos.

En los particionantes se asume que el número final de grupos es conocido y todas las observaciones se clasifican de manera que pertenezcan a uno y sólo uno de estos grupos internamente homogéneos.

En los jerárquicos, las observaciones se van agrupando (cuando estos son aglomerativos)⁶, en función de algún criterio de similitud, estableciendo niveles, de tal manera que los grupos de los niveles superiores contienen observaciones de los grupos de niveles inferiores. Estas técnicas difieren por las diferentes definiciones de distancia o semejanza que utiliza la regla de asignación de objetos a un conglomerado.

Una de las principales características de los procedimientos de agrupamiento jerárquicos, es que la ubicación de un objeto a un grupo es irrevocable, es decir, una vez que un objeto se ubicó en un grupo, no cambia su ubicación. En los particionantes, en cambio, la asignación de una observación a un grupo es tentativa y puede ser modificada.

⁵ Esta sección se basa en el apartado "Métodos de Clasificación no Supervisada" de Stimolo, Funes (2009).

⁶ También existen métodos jerárquicos divisivos.

3.1. Métodos clásicos

3.1.1. De partición

El algoritmo K -means es uno de los algoritmos particionantes más utilizados. El nombre hace referencia a que en el algoritmo se fija un número (k) de grupos, que son determinados de acuerdo a la proximidad de los datos (según la métrica utilizada).

Partiendo de una muestra con m observaciones y n variables (indicadores), el objetivo es dividir la muestra en un número K (prefijado) de grupos. El algoritmo puede resumirse en cuatro etapas:

1. En una primera etapa se seleccionan aleatoriamente K puntos como semillas del centro de cada grupo.
2. Se asigna cada observación al centro de grupo más cercano, considerando en general la distancia euclídea como medida de proximidad.
3. Secuencialmente, se recalculan las coordenadas del nuevo centro de grupo (tanto del centro del grupo que recibe una nueva observación, como del que la pierde), a partir de un criterio de optimalidad que permita comprobar una mejora del mismo al reasignar algunas observaciones.
4. El proceso termina cuando no es posible mejorar el criterio de optimalidad.

Para comprobar la estabilidad de los conglomerados logrados, es común correr nuevamente el procedimiento con distintos puntos semilla.

3.1.2. Jerárquicos

En los métodos jerárquicos la matriz de datos $m \times n$ (m observaciones estudiadas y n variables), debe ser transformada en una matriz de proximidad o similaridad ($m \times m$) que mide la semejanza o la distancia entre pares de observaciones i, j para $i = 1, \dots, m$ y $j = 1, \dots, m$. La distancia más utilizada si las variables son continuas, es la euclídea.

Los algoritmos aglomerativos⁷, parten de las observaciones individuales y las van agregando en grupos:

1. Inicialmente, comienzan con tantos grupos como observaciones, m , y las distancias entre grupos coincide con las distancias de la matriz inicial.
2. Se seleccionan las dos observaciones más próximas (las que reflejan la mínima distancia de la matriz), y con ellas se forma un grupo.

⁷ Son los más utilizados y requieren menos tiempo de cálculo.

3. Se sustituyen estos dos elementos por uno nuevo que represente al grupo, considerando algún criterio: ligamento simple o vecino más cercano, ligamento completo o vecino más alejado, vinculación promedio, método del centroide, entre los más conocidos.
4. Se calcula una nueva matriz de distancias considerando este nuevo representante del grupo.
5. Se repiten los pasos 3 y 4 hasta que todas las observaciones formen un solo grupo.

3.1.1. Determinación de los Grupos

Previo a la determinación de los grupos se realizó un Análisis de Componentes Principales de manera de identificar los indicadores más relevantes en el conjunto de datos. Según este análisis, el PBI per cápita, la Efectividad Gubernamental, la Esperanza de Vida al Nacer y la Tasa de Mortalidad Infantil resultaron ser los indicadores con más peso en el cálculo de la primera componente, que explica el 56,4 % de la Varianza total. (Ver Anexo III).

Para la determinación de los grupos utilizamos los algoritmos clásicos de K-means y clasificación jerárquica utilizando el criterio de vinculación promedio inter-grupos, en ambos casos empleando distancias euclídeas. Los datos fueron procesados con el software SPSS 15 y optamos por clasificar los países en tres grupos. La clasificación obtenida por ambos métodos fue la misma y se presenta en la Tabla 2.

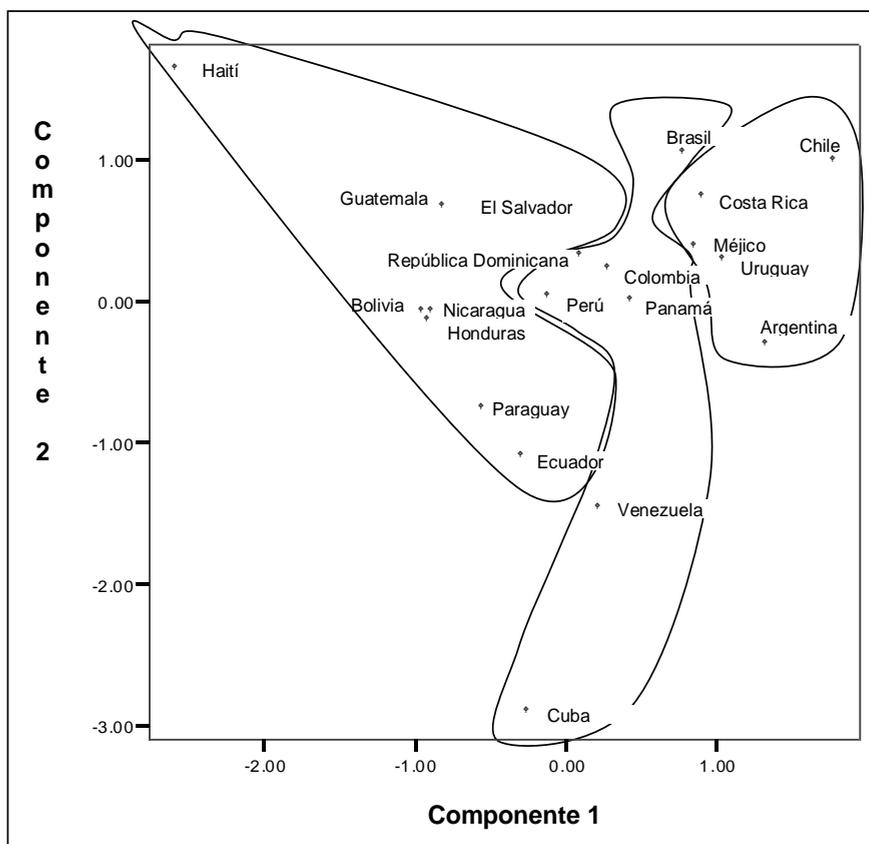
Tabla 2: Clasificación de los países en tres grupos

Grupo I	Grupo II	Grupo III
Argentina	Brasil	Bolivia
Chile	Colombia	Ecuador
Costa Rica	Cuba	El Salvador
Méjico	República Dominicana	Guatemala
Uruguay	Panamá	Haití
	Perú	Honduras
	Venezuela	Nicaragua
		Paraguay

La asignación del número del grupo responde a un ordenamiento natural en relación al grado de bienestar social, de manera que los países del Grupo I gozan de mayor bienestar social que los siguientes y los del Grupo II, de mejor bienestar social que los del Grupo III.

El siguiente gráfico de dispersión presenta al conjunto de países analizado respecto a las dos primeras componentes principales.

Gráfico 2: Diagrama de dispersión de los países respecto a las componentes 1 y 2



Para caracterizar los grupos calculamos medidas descriptivas (media aritmética, desviación típica y coeficiente de variación), las que pueden consultarse en la Tabla 3.

Tabla 3: Medidas descriptivas de los indicadores por grupo

	Grupo I			Grupo II			Grupo II		
	Media	Desviación típica	Coefficiente de Variación	Media	Desviación típica	Coefficiente de Variación	Media	Desviación típica	Coefficiente de Variación
	11440.00	1778.83	0.16	7171.29	979.69	0.14	3799.00	1158.23	0.30
	95.24	2.23	0.02	91.57	4.37	0.05	79.05	12.57	0.16
	82.02	7.58	0.09	80.73	6.10	0.08	70.33	9.10	0.13
	76.10	1.77	0.02	72.59	2.57	0.04	68.26	5.03	0.07
	14.00	5.24	0.37	20.00	7.92	0.40	36.75	21.56	0.59
	805.00	271.80	0.34	549.71	456.52	0.83	239.38	89.68	0.37
	2.98	1.32	0.44	2.43	1.89	0.78	0.95	0.57	0.60
	453.20	162.91	0.36	349.71	177.11	0.51	275.88	129.71	0.47
	195.40	33.67	0.17	119.71	63.23	0.53	54.75	23.61	0.43
	0.36	0.59	1.62	-0.41	0.40	0.99	-0.81	0.31	0.39
	0.39	0.73	1.87	-0.38	0.76	1.99	-0.52	0.40	0.76

Del análisis de los valores medios de los indicadores de cada grupo, se advierte que en el Grupo I se encuentran los países que comparten los mejores valores para todos los indicadores, excepto en el caso de las emisiones de dióxido de carbono per cápita, para las que se registra el valor promedio menos deseado. Este grupo está formado por países con alto PBI per cápita, mejores niveles de gasto en salud, de esperanza de vida al nacer y de calidad gubernamental y con un alto número de usuarios de Internet cada 1000 habitantes.

El Grupo II reúne países de PBI per cápita medio, buena tasa de matriculación de adultos, esperanza de vida al nacer relativamente alta y una tasa de mortalidad infantil que sin ser la mejor, difiere bastante de la que corresponde a los países que forman parte del Grupo III.

Por último, el Grupo III está conformado por países de PBI per cápita bajo y con peor desempeño en el atributo Salud, que se refleja en un bajo gasto en salud, una alta tasa de mortalidad infantil y la esperanza de vida al nacer más baja en comparación con el resto de los países latinoamericanos.

3. 2. Metodología para ordenar los países que conforman cada grupo

Para ordenar los países dentro de cada grupo, utilizamos el método TOPSIS (Technique for Order by Similarity to Ideal Solution)⁸, que se basa en un postulado con respecto al comportamiento humano denominado “axioma de elección de Zéleny”, que Barba Romero y Pomerol (1997, pp. 244) enuncian como: *es racional elegir una alternativa lo más próxima a la ideal o lo más lejana del anti-ideal.*

Este enfoque plantea dos ideas fundamentales:

- La fijación de puntos o soluciones de referencia de existencia no real: una solución o alternativa “ideal” (a^+) y una solución o alternativa “anti-ideal” (a^-) que, dado un conjunto con m alternativas (observaciones) evaluadas en término de n indicadores y una matriz X cuyos elementos x_{ij} reflejan el desempeño de la alternativa i respecto al indicador j , se definen como:

$$a^+ = [x_{i1}^+, x_{i2}^+, \dots, x_{in}^+] \quad \text{y} \quad a^- = [x_{i1}^-, x_{i2}^-, \dots, x_{in}^-]$$

donde x_j^+ y x_j^- representan los niveles más y menos deseados para el indicador j , respectivamente.

- La noción de proximidad que se materializa por medio de funciones de distancia.

El método construye un índice de similaridad a la alternativa ideal, combinando la proximidad a la alternativa ideal y la lejanía a la alternativa anti-ideal (según la métrica utilizada) que permite establecer una ordenación del conjunto de alternativas sujeto a evaluación, aplicando los siguientes pasos:

1. Determinada una matriz con las medidas del desempeño de cada alternativa “ i ” con respecto a cada indicador “ j ” ($X = [x_{i,j}]$), normalizar las evaluaciones $x_{i,j}$ y obtener la matriz de los valores normalizados $r_{i,j}$:

$$R = [r_{i,j}]$$

2. Determinar la ponderación asociada a cada indicador, w_j (que puede considerarse como una medida de su importancia relativa).

3. Multiplicar la j -ésima columna de R por la ponderación correspondiente (w_j), obteniendo la matriz V :

$$V = [w_j \cdot r_{i,j}] = [v_{i,j}]$$

Cada alternativa queda caracterizada por una fila de la matriz V representada por el vector $v_i = [v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in}]$.

4. Definir los vectores asociados a las alternativas ideal (v^+) y anti-ideal (v^-):

⁸ Ver Hwang, Ch-L.; Lai, Y-J; Liu, T-Y (1994)

$$\mathbf{v}^+ = [v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+] \quad \wedge \quad \mathbf{v}^- = [v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-]$$

5. Calcular las distancias de cada alternativa en evaluación a las alternativas Ideal y Anti-ideal:

$$S_i^+ = d_p \mathbf{v}_i, \mathbf{v}^+ \quad \wedge \quad S_i^- = d_p \mathbf{v}_i, \mathbf{v}^-$$

6. Calcular el “ratio de similitud a la alternativa ideal” como:

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}$$

Este indicador varía en el intervalo $[0,1]$, con $C_i = 0$ para $\mathbf{a}_i = \mathbf{a}^-$ y $C_i = 1$ para $\mathbf{a}_i = \mathbf{a}^+$.

7. Ordenar las alternativas en orden decreciente del Índice de Similitud a la alternativa ideal C_i .

Existen diferentes versiones del método que dependen:

- del procedimiento que se utilice para normalizar los datos (de manera que la suma de los diferentes indicadores tenga sentido),
- del método que se emplee para obtener los pesos relativos de los indicadores que se agregan,
- de la función de distancia seleccionada.

En la presente aplicación:

- Normalizamos los indicadores con el método de fracción del módulo del vector asociado al indicador correspondiente.
- Para establecer las ponderaciones de cada atributo, teniendo en cuenta que las componentes principales son nuevas variables que conservan la variabilidad de las variables originales y la varianza generalizada de las componentes es igual a la original, utilizamos los pesos de los indicadores en la primera componente, en valor absoluto, y los normalizamos con el método de fracción de la suma.
- Utilizamos la distancia euclídea para calcular las proximidades a las alternativa ideal y anti-ideal.

3.2.1. Resultados de la aplicación del método TOPSIS

Los valores para los ponderadores asociados a cada indicador se exponen en la Tabla V. Los indicadores con mayor peso relativo, en la presente aplicación, resultaron el PBI per cápita, la Efectividad Gubernamental, la Esperanza de Vida al Nacer, la Tasa de Alfabetización de Adultos y la Tasa de Mortalidad Infantil.

En las Tablas 6 a 8 presentamos los países ordenados aplicando TOPSIS en cada uno de los grupos, utilizando el mismo conjunto de ponderaciones en todos los grupos.

En virtud de considerar que los grupos 1 a 3 reflejan un ordenamiento en relación al nivel de Bienestar Social de los países que los integran, en las tablas especificamos el lugar que le corresponde al país según el ordenamiento dentro del grupo al que pertenece (Columna 2) y el lugar que se le asigna al país con la intención de establecer un orden general de todos los países (Columna 1).

Tabla 5: Ponderaciones de los indicadores empleados en el análisis

Indicador	w_j	Indicador	w_j
PBI	0,113	ECO2	0,070
TAA	0,098	LTC	0,087
TBM	0,083	UI	0,086
EVN	0,102	EG	0,102
TMI	0,096	CR	0,074
GS	0,089		

Al analizar los índices obtenidos para cada grupo de países, observamos que, si bien los valores del índice pueden oscilar entre 0 y 1 (valores que asumen las alternativas anti-ideal e ideal, respectivamente), la diferencia entre los valores de los índices de los 5 países del Grupo 1 es de 0,4152, entre los 7 países del Grupo 2 es de 0,0824 y entre los 8 países del Grupo 3 es de 0,7141, reflejando poca diferenciación entre los países del grupo 2, y una menor homogeneidad dentro de los grupos 1 y 3.

Las columnas 5 y 6 de cada tabla registran las diferencias en el índice entre países consecutivos y las razones porcentuales de las mismas en término del rango de variación total del índice, respectivamente. En función de la magnitud de la diferencia, podríamos identificar países que gozan de un mayor grado de bienestar social respecto de otros del mismo grupo, y casos en los que el bienestar social alcanzado es similar.

Por ejemplo, en el Grupo I, Chile se diferencia significativamente del resto al mantener una diferencia en el índice respecto de su sucesor inmediato (Uruguay) del 26,43%. Sin embargo, las exiguas diferencias del índice entre Uruguay y Costa Rica permiten asumir un grado de

bienestar social similar entre estos países. El salto que se registra entre Costa Rica y Argentina (diferencia porcentual de 13,94) y la escasa diferencia entre esta última y Méjico, hacen asumir que el grado de bienestar social de estos dos últimos países es similar y se encuentra un escalón más abajo del de sus antecesores inmediatos.

En el Grupo II, el más homogéneo de los tres, Brasil registra el mayor grado de bienestar social, pero las pequeñas diferencias en los índices de los países de este grupo, sugieren similar grado de bienestar entre todos ellos.

En el grupo III, si bien se produce un salto en el valor del índice entre El Salvador y Guatemala del 16,65% de la variación total, la diferencia más importante se registra entre Bolivia y Haití (35,17% de la variación), reflejando el gran atraso de este último país, respecto de los demás países considerados.

Tabla 6: Ordenamiento de los Países del Grupo I

Orden Gral.	Orden Grupo	Países	Índice	Diferencia entre índices consecutivos	Porcentaje de diferencia respecto del
1	1	Chile	0.7226		
2	2	Uruguay	0.4583	0.2643	26.43%
3	3	Costa Rica	0.4521	0.0062	0.62%
4	4	Argentina	0.3127	0.1394	13.94%
5	5	Méjico	0.3073	0.0054	0.54%

Tabla 7: Ordenamiento de los Países del Grupo II

Orden Gral.	Orden Grupo	Países	Índice	Diferencia entre índices consecutivos	Porcentaje de diferencia respecto del total
6	1	Brasil	0.9688		
7	2	Colombia	0.9458	0.0230	2.30%
8	3	Panamá	0.9446	0.0012	0.12%
9	4	República Dominicana	0.9307	0.0139	1.39%
10	5	Perú	0.9227	0.0080	0.80%
11	6	Venezuela	0.8938	0.0288	2.88%
12	7	Cuba	0.8864	0.0074	0.74%

Tabla 8: Ordenamiento de los Países del Grupo III

Orden Gral.	Orden Grupo	Países	Índice	Diferencia entre índices consecutivos	Porcentaje de diferencia respecto del total
13	1	El Salvador	0.8792		
14	2	Guatemala	0.7127	0.1665	16.65%
15	3	Paraguay	0.6521	0.0606	6.06%
16	4	Nicaragua	0.6490	0.0031	0.31%
17	5	Honduras	0.6429	0.0061	0.61%
18	6	Ecuador	0.6052	0.0377	3.77%
19	7	Bolivia	0.5168	0.0884	8.84%
20	8	Haití	0.1651	0.3517	35.17%

Finalmente, comparamos el orden general obtenido de la aplicación de las metodologías descriptas, con el orden en el que aparece este conjunto de países en el IDH calculado por el PNUD (presentados en las columnas 2 y 3 de la Tabla IX), obteniendo un valor de 0,7368 y 0,917 para los coeficientes de Kendall y Spearman, respectivamente. Si bien estos coeficientes evidencian una alta correlación entre los ordenamientos, despiertan atención las diferencias de ubicación de Cuba, Guatemala y Ecuador. Respecto del IDH, Cuba pierde 7 posiciones, Ecuador, 5 y Guatemala gana 5 lugares.

Tabla 9: Comparación de ordenamientos obtenidos y el determinado por el IDH

Países	Orden Gral.	Orden IDH
Chile	1	2
Uruguay	2	3
Costa Rica	3	4
Argentina	4	1
México	5	6
Brasil	6	8
Colombia	7	10
Panamá	8	7

República Dominicana	9	11
Perú	10	12
Venezuela	11	9
Cuba	12	5
El Salvador	13	15
Guatemala	14	19
Paraguay	15	14
Nicaragua	16	16
Honduras	17	17
Ecuador	18	13
Bolivia	19	18
Haití	20	20

Cabe mencionar que el IDH resulta de un promedio ponderado de los tres indicadores mencionados en la Introducción, que reciben idéntica ponderación (1/3 cada uno) y que el indicador de logros educativos asigna una ponderación de 2/3 a la TAA y 1/3 a la TBM.

El índice construido en este trabajo consiste en el cálculo de distancias ponderadas de 11 indicadores (4 de los cuales se utilizan en el cálculo del IDH), en el que las ponderaciones asignadas a estos cuatro indicadores, si bien no es baja, en el mejor de los casos llega a la mitad del peso que el indicador registra en el IDH. Por otra parte, los indicadores de Efectividad Gubernamental (EG) y la Tasa de Mortalidad Infantil (TMI) alcanzan ponderaciones significativas.

Al analizar el desempeño de Cuba, Ecuador y Guatemala respecto del conjunto de indicadores, se ha podido advertir que:

- Aún cuando Cuba goza de muy buen desempeño en el atributo Educación (reflejado en TAA y TBM) y tiene una Esperanza de Vida al Nacer elevada, el peso que aportan estos indicadores en el índice determinado no alcanza a contrarrestar el deficiente desempeño en los atributos Calidad de la Gobernabilidad y Acceso a la Tecnología, lo que la posiciona por debajo de países como Méjico, Panamá, Brasil, Venezuela, Colombia, Rep. Dominicana y Perú, que registran menor nivel de desarrollo según el IDH.
- Comparado Ecuador con Paraguay, El Salvador, Nicaragua y Honduras (países que ocupan una peor posición en el IDH y se encuentran mejor posicionados en el índice calculado), se advierte que el desempeño de todos estos países es bastante homogéneo en la mayoría de los indicadores, excepto en los que reflejan el atributo

Calidad Gubernamental, para el que Ecuador registra los peores niveles.

- Al analizar la situación de Guatemala, que escala 5 posiciones respecto del IDH, ubicándose por encima de Honduras, Nicaragua y Paraguay, observamos que este país registra el peor desempeño en el atributo Educación respecto de los países mencionados y un desempeño superior en el atributo Acceso a la Tecnología y en el indicador de Calidad Regulatoria. Estas diferencias en los desempeños, asociadas a las ponderaciones asignadas por la metodología empleada en el presente y la aplicada por el PNUD le permiten ubicarse por encima de los mencionados países.

4. CONSIDERACIONES FINALES

Los cambios experimentados en los criterios para definir el Desarrollo de los países, avanzando hacia la aceptación de la postura que sostiene que la simple generación de riquezas no alcanza a representar adecuadamente los logros en materia de Bienestar, han generado la necesidad de desarrollar indicadores que permitan incorporar dimensiones que hacen a su caracterización, hasta el momento no tenidas en cuenta. El IDH representa un valioso avance en esta materia y ha servido de inspiración a un gran número de autores, entre los que podemos contarnos. Sin embargo, consideramos que en el cálculo del mismo, permanecen aún sin incluir dimensiones fundamentales para la caracterización del Bienestar Social, algunas de las cuales hemos incorporado en el presente trabajo.

Aplicar métodos de clasificación no supervisada resultó útil como una primera exploración de los datos, detectándose un ordenamiento natural en relación al grado de Bienestar Social alcanzado por los países, a partir de la caracterización de los grupos.

Empleando el método multicriterio Topsis fue posible ordenar los países dentro de cada uno de los grupos en sentido decreciente de su Bienestar Social. Esto permitió distinguir países que exteriorizan un grado de avance similar a este respecto y otros que se diferencian en mayor medida, en cuanto a sus logros en esta materia.

El ranking obtenido a partir de la ordenación intra-grupos combinada con el orden natural entre grupos, fue comparado luego con el orden en que aparecen los países latinoamericanos en el Índice de Desarrollo Humano calculado por el PNUD, encontrándose un alto nivel de correlación entre ambos ordenamientos. No obstante, para algunos países, pudimos observar cambios importantes en su posicionamiento, lo que llevó a analizar las causas de estos cambios.

De este último análisis concluimos que, la selección de los atributos e indicadores a incluir en el análisis, como así también de los ponderadores asociados a los mismos, tiene un impacto importante en los ordenamientos obtenidos, situación que motiva una cuidadosa selección de los primeros y de las metodologías para el cálculo de sus pesos relativos.

Es nuestro propósito continuar trabajando en la selección de indicadores que permitan captar con mayor precisión las dimensiones fundamentales del Bienestar Social y en la búsqueda de mejores métodos para la construcción de indicadores compuestos para su medición.

REFERENCIAS

- Banco Mundial. World Development Indicators:
<https://publications.worlbank.org>.
- Banco Mundial. Governance Matters V:
<http://worlbank.org/wbi/governance>.
- Hwang, C. ; Lai, Y.J. ; Liu, T.Y. (1994). "TOPSIS FOR MODM". European Journal of Operation Research, Vol. 76. pp 486-500.
- KAUFMANN, D., KRAAY, A. Y ZOIDO-LOBATÓN, P. (1999): Governance Matters. Policy Research Working Paper 2196. Banco Mundial.
- KAUFMANN, D., KRAAY, A. Y MASTRUZZI, M. (2006): "Governance Matters. V: Aggregate and Individual Governance Indicators for 1996-2005". Banco Mundial.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). "Informe Sobre Desarrollo Humano" (2007-2008):
<http://hdrstats.undp.org/es/cuadros/default.html>
- Stimolo, M.I. y Funes, M. (2009): "Clasificación de Países en Desarrollo según los Factores que Inciden en su Riesgo Crediticio". Anales del XXII Encuentro Nacional de Docentes en Investigación Operativa – XX Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa. Buenos Aires.

ANEXO I DETALLE DE INDICADORES SELECCIONADOS

Estándar de Vida

PIB per cápita (PPA en US\$). Producto Interno Bruto (suma del valor agregado de todos los productores residentes en la economía, más todos los impuestos de los productos, menos los subsidios no incluidos en la valoración de la producción), en términos de la paridad de poder adquisitivo en dólares norteamericanos (Tipo de cambio que refleja las diferencias de precios entre países y permite hacer comparaciones internacionales del producto y del ingreso real), dividido por la población a mitad de año.

Educación

Tasa de alfabetización de adultos. Porcentaje de personas de 15 años o más capaces de leer y escribir en relación con la población correspondiente, el total o un sexo determinado, en un país, territorio o zona geográfica determinada, en un momento específico del tiempo, usualmente a mitad de año. Para efectos estadísticos, una persona está alfabetizada si puede leer, escribir y comprender un texto breve y sencillo relacionado con su vida cotidiana.

Tasa bruta de matriculación combinada para escuelas primarias, secundarias y terciarias. Número de estudiantes matriculados en el nivel de enseñanza primaria, secundaria y terciaria, sin importar la edad, como porcentaje de la población en edad escolar teórica para los tres niveles. En el caso de la enseñanza terciaria, la población utilizada es el grupo etáreo de cinco años que sigue a la edad de egreso de la enseñanza secundaria. Una tasa bruta de matriculación superior a 100% indica que hay pupilos o estudiantes fuera del grupo etáreo teórico matriculados en ese nivel de educación.

Salud

Esperanza de vida al nacer. Número de años que vivirá un recién nacido si los patrones de mortalidad por edades imperantes en el momento de su nacimiento siguieran siendo los mismos a lo largo de toda su vida.

Gasto en salud per cápita (PPA en US\$). Suma del gasto público y privado (PPA en US\$), dividida por la población de medio año. El gasto en salud comprende prestación de servicios sanitarios (preventivos y curativos), actividades de planificación familiar, actividades de nutrición y

de ayuda en caso de emergencia destinada a la salud, pero no incluye suministro de agua y saneamiento.

Tasa de mortalidad infantil. Probabilidad de morir entre el parto y al cumplir exactamente un año de edad, expresada por cada 1.000 nacidos vivos.

Acceso a la Tecnología

Líneas telefónicas principales. Líneas telefónicas que conectan el equipo del cliente con la red telefónica pública conmutada.

Usuarios de Internet. Personas con acceso a la red mundial.

Impacto Medioambiental

Emisiones de dióxido de carbono. Emisiones antropogénicas (originadas por el ser humano) de dióxido de carbono procedentes de la quema de combustibles fósiles, la combustión de gas y la producción de cemento. Las emisiones se calculan a partir de datos sobre el consumo de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, de la combustión de gas y de la producción de cemento. El dióxido de carbono también puede provenir de la biomasa forestal a medida que se reducen las áreas forestales.

Calidad de la Gobernabilidad

Efectividad Gubernamental En este índice se combinan las percepciones de la calidad en la provisión de los servicios públicos y de la burocracia; la aptitud de los servidores públicos y su independencia a las presiones políticas; y la credibilidad de las promesas del gobierno.

Calidad Regulatoria Este agregado mide la habilidad del gobierno de formular e implementar políticas y regulaciones que permitan y promuevan el desarrollo del sector privado.

ANEXO II BASE DE DATOS

	PBI	TAA	TBM	EVN	TMI	GS	ECO2	LTC	UI	EG	CR
Argentina	14,280	97.2	89.7	74.3	15	1274	3.7	570	177	-0.27	-0.64
Bolivia	2,819	86.7	86	63.9	52	186	0.8	264	52	-0.8	-0.53
Brasil	8,402	88.6	87.5	71	31	1520	1.8	462	195	-0.09	0.08
Chile	12,027	95.7	82.9	77.9	8	720	3.9	649	172	1.26	1.4
Colombia	7,304	92.8	75.1	71.7	17	570	1.2	479	104	-0.09	0.05
Costa Rica	10,180	94.9	73	78.1	11	592	1.5	254	254	0.3	0.61
Cuba	6,000	99.8	87.6	77.2	6	229	2.3	12	17	-0.94	-1.75
Republica Dominicana	8,217	87	74.1	70.8	26	377	2.2	407	169	-0.41	-0.27
Ecuador	4,341	91	75	74.2	22	261	2.2	472	47	-1.01	-0.83
El Salvador	5,255	80.6	70.4	70.7	23	375	0.9	350	93	-0.3	0.12
Guatemala	4,568	69.1	67.3	69	32	256	1	358	79	-0.7	-0.26
Haiti	1,663	54.8	53	58.1	84	82	0.2	48	70	-1.39	-1.17
Honduras	3,430	80	71.2	68.6	31	197	1.1	178	36	-0.64	-0.44
Mexico	10,751	91.6	75.6	74.9	22	655	4.2	460	181	-0.01	0.33
Nicaragua	3,674	76.7	70.6	70.8	30	231	0.7	217	27	-0.78	-0.31
Panama	7,605	91.9	79.5	74.7	19	632	1.8	418	64	0.11	0.25
Paraguay	4,642	93.5	69.1	70.8	20	327	0.7	320	34	-0.83	-0.77
Peru	6,039	87.9	85.8	69.9	23	235	1.1	200	164	-0.6	0.1
Uruguay	9,962	96.8	88.9	75.3	14	784	1.6	333	193	0.53	0.26
Venezuela	6,632	93	75.5	72.8	18	285	6.6	470	125	-0.83	-1.15

ANEXO III
REPORTES OBTENIDOS CON EL SOFTWARE SPSS 15

Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales		
	Total	% de la varianza	% acumulado
1	6,205	56,414	56,414
2	1,673	15,205	71,618
3	1,000	9,088	80,706
4	,829	7,540	88,246
5	,527	4,787	93,034
6	,340	3,092	96,125
7	,175	1,589	97,715
8	,105	,954	98,669
9	,082	,743	99,413
10	,037	,336	99,749
11	,028	,251	100,000

Matriz de componentes

Indicador	Componente		
	1	2	3
PBI	,927	,112	,153
TAA	,799	-,503	-,136
TBM	,679	-,329	-,099
EVN	,835	-,358	-,235
TMI	-,786	,449	,286
GS	,730	,266	,226
ECO2	,572	-,319	,629
LTC	,713	,192	,377
UI	,704	,453	,148
EG	,838	,379	-,271
CR	,606	,641	-,356

APLICACIONES DEL MÉTODO TOPSIS CON VARIABLES LINGÜÍSTICAS

RAÚL ALBERTO ERCOLE

CLAUDIA ETNA CARIGNANO

CATALINA LUCÍA ALBERTO

Palabras Claves: TOPSIS, variables lingüísticas, selección personal, decisión inmobiliaria.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo pretende analizar la aplicación de una herramienta adecuada de elección de una acción o alternativa en el seno interno de una Organización, en donde se presenten las características que distintas acciones o alternativas son factibles, que existen diversos criterios o pautas de evaluación con diferente peso o ponderación y que se puedan usar variables lingüísticas tanto en el peso o ponderación de los criterios como en la evaluación de acciones o alternativas. En este sentido, el trabajo propone la utilización de la herramienta TOPSIS en un entorno borroso o difuso, específicamente se utiliza el modelo con etiquetas lingüísticas propuesto por Chen (2000).

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) es un método de decisión multicriterio compensatorio, cuyo objetivo es la ordenación de un conjunto finito de alternativas. El principio básico es que la alternativa elegida debe tener la menor distancia a la solución ideal positiva y la mayor distancia a la solución ideal negativa. Una solución ideal se define como una colección de puntuaciones o valores en todos los atributos considerados en la decisión, pudiendo suceder que tal solución sea inalcanzable. El vector compuesto por los mejores valores del *j-ésimo* atributo respecto de todas las acciones posibles es quien recibe el nombre de “solución ideal positiva”; asimismo la “solución ideal negativa” será aquella cuyo vector contenga los peores valores en todos los atributos. A fin de lograr la ordenación se define un índice de similaridad (o proximidad relativa) respecto a la solución ideal positiva combinando la proximidad a la solución ideal positiva y la lejanía respecto a la solución ideal negativa. Se selecciona aquella alternativa que se ubica lo más lejos posible a la máxima similaridad respecto a la

solución ideal negativa, es decir aquella cuyo índice de similaridad esté más próximo a 1.

Los casos de decisiones expuestos en este trabajo están referidos al problema general de selección de personal en una organización y a un desarrollo inmobiliario.

Se hace constar por otra parte, que el texto base de este capítulo ha sido presentado en carácter de full paper en el XXXIV Congreso Argentino de Profesores Universitarios de Costos, realizado en la ciudad de Bahía Blanca durante el año 2011. En esa oportunidad fue sometido a referato y aceptado por la comisión científica del evento.

2. EL MODELO

Los problemas de toma de decisión se centran en el proceso de encontrar la mejor alternativa entre varias factibles. Dichas alternativas son las distintas acciones que podrá encarar el decisor y se simbolizan como el conjunto A de m elementos:

Estas acciones serán elegidas luego de analizada la información del proceso decisorio y teniendo en cuenta las variables endógenas y exógenas que hacen a la situación. De hecho, para la elección de las acciones se operará con un modelo que respete los objetivos organizacionales.

El decisor evaluará las distintas alternativas a partir de varios criterios. Se está en presencia, consecuentemente, de un modelo decisorio multiatributo o multicriterio.

Los aspectos o criterios que se tomarán en cuenta para guiar el proceso decisorio forman el conjunto C de n elementos:

La calificación que cada decisor brinda a cada una de las alternativas para cada uno de los criterios, forma la matriz X, en la que cada elemento $[x_{ij}]$ representa preferencia de la alternativa i respecto al criterio j ($i=1, \dots, m; j=1, \dots, n$)

Los criterios seguramente no tendrán la misma relevancia entre sí dentro de un proceso decisorio y por ello se asocia a los mismos un peso o ponderación formando el conjunto W de n elementos:

En este modelo en particular se considera la utilización de variables lingüísticas para los pesos de los criterios y la evaluación de algunas de las alternativas, lo que sin duda brinda mayor flexibilidad al proceso de decisión.

Una variable lingüística toma valores que son palabras o sentencias. Es decir, admite que sus valores sean etiquetas. Además, cada etiqueta es un término que se define como un conjunto difuso o borroso.

Las variables tienen asociado un dominio que puede estar dividido en tantos conjuntos borrosos como un experto considere oportuno, cada uno de los mismos tiene asociada una etiqueta lingüística.

La cantidad de etiquetas elegidas determina una medida de la discriminación entre los distintos grados de incertidumbre. Esta cantidad debe ser suficiente para describir cualquier situación relativa al contexto en el que se sitúa el problema.

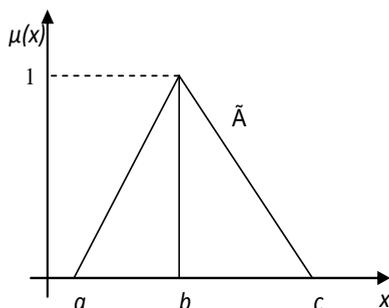
Un *conjunto borroso o difuso* \tilde{A} en un universo X se caracteriza a través de la función $\mu_{\tilde{A}} x$ que asocia a cada elemento x en X , un número real en el intervalo $[0,1]$. Además, el valor de la función $\mu_{\tilde{A}} x$ representa el grado de pertenencia de x en \tilde{A} . De acuerdo a las definiciones usuales, un número borroso es un subconjunto borroso en el universo X que es convexo y normal.

Los números difusos más utilizados por su simplicidad son los triangulares. Un número borroso triangular se define con 3 elementos (a , b , c) y con una función de pertenencia $\mu_A(x)$ del tipo:

$$\mu_A(x) = \left\{ \begin{array}{ll} 0, & \text{si } x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{si } a \leq x \leq b \\ \frac{x-c}{b-c}, & \text{si } b \leq x \leq c \\ 0, & \text{si } x > c \\ 1, & \text{si } x = b \end{array} \right\} \quad (1)$$

Gráficamente un número borroso triangular se puede observar en la figura siguiente.

Figura 1: Número Borroso Triangular



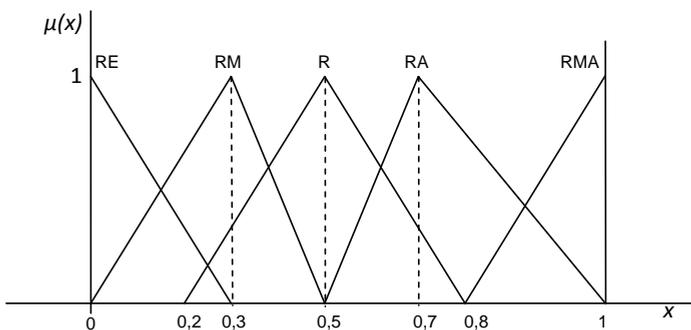
Por ejemplo, las etiquetas correspondientes al peso o importancia de los criterios y sus números borrosos triangulares positivos (a, b, c) pueden asumir la siguiente representación:

Tabla 1: Importancia de Criterios

PESO	NÚMERO BORROSO ASOCIADO		
	a	b	c
Relevancia escasa (RE)	0	0	0,3
Relevancia moderada (RM)	0	0,3	0,5
Relevante (R)	0,2	0,5	0,8
Relevancia alta (RA)	0,5	0,7	1
Relevancia muy alta (RMA)	0,7	1	1

Los números difusos triangulares que representan las etiquetas pueden ser simétricos o no, como en este caso. En la figura 2 puede verse la representación de las etiquetas y sus valores utilizados para la valoración de los criterios en este trabajo.

Figura 2: Etiquetas lingüísticas de criterios



Del mismo modo, el rating o calificación que cada decisor brinda a cada una de las acciones o alternativas (para cada uno de los criterios) forma la matriz X , en la que cada elemento:

$$x_{ij} = \text{rating de la acción } i \text{ en el criterio } j \quad i: 1 \dots m, j: 1 \dots n$$

Dicho rating queda expresado también como una variable lingüística con números borrosos triangulares del tipo (a, b, c) . Las etiquetas pueden asumir los conceptos de muy bueno, bueno, regular, malo y muy malo, o bien otra escala similar.

En el modelo utilizado en el presente trabajo, se utilizan de manera combinada funciones de utilidad, expresadas como números reales, y variables lingüísticas. Por este motivo se definen algunas operaciones con números borrosos.

Si:

$$m = (a, b, c) \quad (2)$$

$$n = (d, e, f)$$

son números borrosos y r es un número real

$$m \oplus n = (a + d, b + e, c + f)$$

$$m \otimes n = (a \cdot d, b \cdot e, c \cdot f) \quad (3)$$

$$m \div r = \left(\frac{a}{r}, \frac{b}{r}, \frac{c}{r} \right)$$

Finalmente, si $r = (a, b, c)$ es un número real, entonces $a=b=c=r$

Hasta aquí han sido descriptos los elementos que integran el modelo.

3. SECUENCIA DEL MODELO PROPUESTO

El modelo supone una serie de pasos en su aplicación que se pueden expresar del modo siguiente:

PASO 1

El decisor evalúa la importancia o peso de cada criterio y lo presenta haciendo uso de la variable lingüística pertinente.

PASO 2

El decisor evalúa cada alternativa respecto de cada criterio, en algunos casos a través de variables lingüísticas y en otros a través de una función de utilidad de valores reales.

PASO 3

Se convierten las evaluaciones lingüísticas (PASO 1) en números borrosos triangulares, de acuerdo con la tabla pertinente. De este modo, se logra formar la matriz de ponderaciones o pesos borrosos de los criterios.

Finalizado el PASO 3 queda conformado un vector de pesos borrosos para los distintos criterios:

$$[w_1, w_2, \dots, w_n] \quad (4)$$

Donde cada elemento del vector es un número borroso triangular.

PASO 4

El mismo procedimiento utilizado en el PASO 3 se sigue para convertir las evaluaciones lingüísticas del PASO 2 en una matriz de decisión borrosa.

En el caso de evaluaciones a través de números reales, éstos serán expresados como números borrosos.

Finalizado el PASO 3 queda, consecuentemente, una matriz de decisión constituida por números borrosos triangulares con el siguiente diseño:

$$\begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \cdot \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdot & x_{mn} \end{bmatrix} & & & \end{matrix} \quad (5)$$

PASO 5

Consiste en la preparación de la matriz de decisión borrosa normalizada con el objetivo de que la escala sea la misma para todos los criterios.

Para la normalización existen diferentes alternativas. Entre las más utilizadas se encuentra la normalización por suma o la normalización euclídea.

Una alternativa viable en cuanto a su sencillez es emplear una escala lineal para transformar las evaluaciones de los criterios en una escala comparable.

A partir de cada número borroso correspondiente a las alternativas

$$x_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$$

se obtiene un número borroso triangular normalizado, para el caso de criterios a maximizar se divide cada elemento del número borroso anterior por el valor máximo del elemento **c** en cada criterio.

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{\max c_j}, \frac{b_{ij}}{\max c_j}, \frac{c_{ij}}{\max c_j} \right) \quad (6)$$

y para el caso de criterios a minimizar se divide el valor mínimo del elemento a por cada elemento en orden inverso del número borroso anterior

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{\min a_j}{c_{ij}}, \frac{\min a_j}{b_{ij}}, \frac{\min a_j}{a_{ij}} \right) \quad (7)$$

De este modo el procedimiento asegura que los números borrosos resultantes siguen perteneciendo al intervalo $[0, 1]$.

La matriz normalizada resultante es una matriz de dimensión $m \times n$ con el siguiente diseño:

$$\begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ A_1 & \left[\begin{matrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \end{matrix} \right. \\ A_2 & \left[\begin{matrix} r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \end{matrix} \right. \\ \cdot & \left[\begin{matrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{matrix} \right. \\ A_m & \left[\begin{matrix} r_{m1} & r_{m2} & \cdot & r_{mn} \end{matrix} \right. \end{matrix} \quad (8)$$

PASO 6

Consiste en la preparación de la matriz de decisión borrosa normalizada y ponderada por el peso de los criterios.

En este caso, cada número borroso triangular de la matriz obtenida en el paso anterior debe ser afectado por el peso o ponderación del criterio respectivo, obteniendo un nuevo número borroso triangular del modo siguiente:

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \otimes W_j \quad (9)$$

El diseño de la matriz resultante es similar a la obtenida en el paso anterior (matriz de dimensión $m \times n$):

$$\begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ A_1 & \left[\begin{matrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \end{matrix} \right. \\ A_2 & \left[\begin{matrix} v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2n} \end{matrix} \right. \\ \cdot & \left[\begin{matrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{matrix} \right. \\ A_m & \left[\begin{matrix} v_{m1} & v_{m2} & \cdot & v_{mn} \end{matrix} \right. \end{matrix} \quad (10)$$

PASO 7

En este estado de la aplicación del método, es posible definir las soluciones ideal positiva (A^+) e ideal negativa (A^-) también como números borrosos triangulares.

Para la solución ideal positiva podría considerarse la siguiente solución:

$$A^+ = \left[\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_n^+ \right] \quad (11)$$

donde

\tilde{v}_j^+ es el máximo para cada criterio o pauta.

Del mismo modo, para la solución ideal negativa, se tiene:

$$A^- = \left[\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^- \right] \quad (12)$$

donde

\tilde{v}_j^- es el mínimo para cada criterio o pauta.

Sin embargo, puede utilizarse un método alternativo con números triangulares borrosos equivalentes a números reales, que representen indudablemente el máximo y el mínimo, respectivamente, de cada criterio, es decir:

$$A^+ = \left[1, 1, 1 \ , \ 1, 1, 1 \ , \dots, \ 1, 1, 1 \right] \quad (13)$$

$$A^- = \left[0, 0, 0 \ , \ 0, 0, 0 \ , \dots, \ 0, 0, 0 \right]$$

siendo los valores máximos y mínimos de cada uno de los números borrosos que conforman la matriz calculada en el paso anterior, para cada uno de los criterios.

PASO 8

El siguiente paso consiste en calcular la distancia entre cada acción o alternativa y las soluciones ideal positiva e ideal negativa, respectivamente, lo que debe ser efectuado para cada uno de los criterios o pautas intervinientes en el proceso de decisión.

Puede calcularse la distancia entre 2 números borrosos con un resultado también difuso (por ejemplo, una distancia euclídea).

Sin embargo, la distancia entre dos números borrosos triangulares h y k puede ser calculada también eliminando la borrosidad y arribando a un número real, mediante el método Vertex (Chen-Tung Chen 2000):

$$d(h,k)=\sqrt{\frac{1}{3} \left[a_h - a_k^2 + b_h - b_k^2 + c_h - c_k^2 \right]} \quad (14)$$

Consecuentemente, se calcula la distancia entre las matrices obtenidas en los pasos 6 y 7, del modo siguiente:

$$d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+) = \sqrt{\frac{1}{3} \left[a_{ij} - 1^2 + b_{ij} - 1^2 + c_{ij} - 1^2 \right]} \quad (15)$$

$$d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) = \sqrt{\frac{1}{3} \left[a_{ij} - 0^2 + b_{ij} - 0^2 + c_{ij} - 0^2 \right]} \quad (16)$$

y finalmente se calcula la distancia de cada alternativa o acción al ideal positivo y al ideal negativo, sumando las distancias obtenidas para cada criterio:

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d(v_{ij}, v_j^+) \quad (17)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(v_{ij}, v_j^-) \quad (18)$$

lo que permite construir una tabla del tipo:

Tabla 2: Distancias a A^+ y A^-

	IDEAL POSITIVO A^+	IDEAL NEGATIVO A^-
A_1	d_1^+	d_1^-
A_2	d_2^+	d_2^-
...
A_m	d_m^+	d_m^-

PASO 9

En este paso se calcula el índice de similaridad (IS) de cada alternativa, lo que permitirá el ordenamiento final de las mismas.

$$IS_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad (19)$$

Tal cual se observa en la relación, el IS calcula la lejanía al ideal negativo en relación a la suma de distancias hacia ambos ideales.

Obviamente, la alternativa con el mayor valor de este índice resultará la preferida.

4. APLICACIONES DEL MODELO

4.1. Caso I: Selección de Personal

Una industria frigorífica debe seleccionar un “Jefe de Producción”, quien es el responsable de controlar la faena en todas sus etapas y asegurar la calidad del producto final.

CRITERIOS:

Las características del puesto requieren de los postulantes capacidades específicas, que son las siguientes:

- Experiencia en faena de animales vacunos y porcinos adquirida en industrias de mediano a gran tamaño.
- Conocimiento del equipamiento de la industria frigorífica y la factibilidad de implementar variantes.
- Experiencia en manejo de personal
- Edad (preferible de 35 a 40 años)

Los criterios expuestos serán los considerados en la decisión.

Para los pesos de los criterios, se utiliza la tabla ya visualizada en el trabajo y que es la siguiente:

Tabla 3: Importancia de Criterios

PESO	NÚMERO BORROSO ASOCIADO		
Relevancia escasa (RE)	0	0	0,3
Relevancia moderada (RM)	0	0,3	0,5
Relevante (R)	0,2	0,5	0,8
Relevancia alta (RA)	0,5	0,7	1
Relevancia muy alta (RMA)	0,7	1	1

En este sentido, el decisor ha considerado las siguientes ponderaciones para los criterios:

- Experiencia en faena: Relevancia alta (RA)
- Conocimiento del equipamiento: Relevancia moderada (RM)
- Experiencia en personal: Relevante (R)
- Edad: Relevancia escasa (RE)

RATINGS DE POSTULANTES:

Analizados los postulantes presentados, y luego de una primera selección, se visualizan como posibles los siguientes candidatos con las calificaciones que en cada caso se especifican en la tabla siguiente:

Tabla 4: Evaluación de Candidatos

POSTULANTE	EXPER	CONOC	PERS	EDAD
------------	-------	-------	------	------

Ramón	B	R	MB	34
Luis	R	B	B	38
Anselmo	MB	R	R	42
Hugo	B	B	R	40
Juan	R	B	MB	50

La variable lingüística utilizada para evaluar a los postulantes está compuesta por las etiquetas muy bueno, bueno, regular, malo y muy malo.

El decisor ha considerado, en el caso de la edad, la siguiente correspondencia entre los intervalos de edades y las etiquetas de la variable lingüística utilizada:

Tabla 5: Variable Lingüística Edad

INTERVALO DE EDAD	VARIABLE LINGÜÍSTICA ASOCIADA
Menor de 30 años	Malo (M)
30 a 34 años	Bueno (B)
35 a 40 años	Muy bueno (MB)
41 a 45 años	Regular (R)
Mayor a 45 años	Muy malo (MM)

En la tabla se presenta la relación entre cada etiqueta lingüística y el número borroso triangular asociado.

Para el caso de los ratings de los postulantes el decisor estima utilizar la tabla siguiente de correspondencia entre las variables lingüísticas y los números borrosos triangulares

Tabla 6: Números Borrosos Edad

ETIQUETA LINGÜÍSTICA	NUMERO BORROSO ASOCIADO		
Muy malo (MM)	0	0,15	0,3
Malo (M)	0,2	0,35	0,5
Regular (R)	0,4	0,55	0,7
Bueno (B)	0,6	0,75	0,9
Muy bueno (MB)	0,8	0,95	1

4.2. Caso II: Desarrollo de un Proyecto Inmobiliario

En esta sección se trabaja con un caso real de decisión para ilustrar el método de decisión TOPSIS mediante el algoritmo propuesto. El objetivo global del problema es ayudar a un inversor a seleccionar el mejor terreno para un desarrollo inmobiliario. Por las características de la futura construcción -complejo de residencias en altura- se establecieron los siguientes requisitos:

1.- La ubicación del terreno es sumamente importante; deberá seleccionarse dentro de las zonas permitidas para este tipo de emprendimientos teniendo en cuenta que sean de fácil acceso por carretera, sin villas de emergencia en las cercanías y próximos a la zona de colegios bilingües y centros comerciales.

2.- El tamaño del terreno es otro factor importante. Se descartan lotes de menos de 5 Has.

3.- La disponibilidad de contar con servicios de energía eléctrica, agua corriente, gas y cloacas es otro requisito a considerar.

4.- Respecto al monto destinado a la adquisición del terreno, se dispone de hasta U\$S 1.000.000.

En primer lugar se definen los criterios que el inversor consideró relevantes para la selección.

CRITERIOS:

C1: Ubicación del terreno.

C2: Tamaño del lote, medido en Has.

C3: Servicios disponibles en el terreno.

C4: Costo del terreno, en miles de pesos.

Se localizaron 3 lotes factibles con las dimensiones y costos que se detallan en la tabla:

Tabla 7: Dimensiones y Costos

ALTERNATIVA	TAMAÑO	COSTO
Lote 1	5	1000
LOTE 2	8	700
LOTE 3	10	450

Para los criterios no cuantificables se le propuso al inversor utilizar las etiquetas lingüísticas que se presentan a continuación:

Tabla 8: Variable lingüística Ubicación y Servicios

M	Malo	0	1	3
R	Regular	3	5	7
B	Bueno	5	7	9
MB	Muy bueno	7	9	10

Para la valoración de la importancia de cada criterio se le propuso las etiquetas lingüísticas siguientes:

Tabla 9: Importancia de Criterios

RE	Relevancia escasa	0	0	0,3
RM	Relevancia moderada	0	0,3	0,5
R	Relevante	0,2	0,5	0,8
RA	Relevancia alta	0,5	0,7	1
RMA	Relevancia muy alta	0,7	1	1

5. SOLUCION FINAL DE LOS CASOS PLANTEADOS

Resueltos los casos planteados mediante la utilización de una rutina *ad-doc* desarrollada en planilla de cálculo, se llega a los siguientes resultados:

5.1. Caso I: Selección de Personal

Las distancias entre cada alternativa y las soluciones ideal positiva e ideal negativa, respectivamente, de acuerdo a lo detallado anteriormente, son:

Tabla 10: Distancias a A^+ y A^-

POSTULANTE	d_i^+	d_i^-
RAMON	2,8188	1,5752
LUIS	2,9399	1,4452
ANSELMO	2,8791	1,4634
HUGO	2,9025	1,4851
JUAN	2,9394	1,3952

Cálculo del índice de similaridad (*IS*) de cada alternativa:

Tabla 11: Índice de Similaridad

POSTULANTE	IS
RAMON	0,3585
LUIS	0,3296
ANSELMO	0,3370
HUGO	0,3385
JUAN	0,3219

De acuerdo a los resultados obtenidos y según esta metodología, Ramón es el postulante mejor calificado.

5.2. Caso II: Desarrollo de un Proyecto Inmobiliario

Las distancias entre cada alternativa y las soluciones ideal positiva e ideal negativa, respectivamente, de acuerdo a lo detallado anteriormente, son:

Tabla 12: Distancias a A^+ y A^-

ALTERNATIVA	d_i^+	d_i^-
A1 - Lote 1	2,4063694	1,952267
A2 - Lote 2	2,7405897	1,5901947
A3 - Lote 3	2,396778	2,0336978

Cálculo del índice de similaridad (IS) de cada alternativa:

Tabla 13: Índice de Similaridad

ALTERNATIVA	IS
A1 - Lote 1	0,4479078
A2 - Lote 2	0,367184
A3 - Lote 3	0,4590247

Se observa que la mejor alternativa de acuerdo a los resultados obtenidos es comprar el LOTE 3.

6. CONCLUSIONES

El trabajo pretende mostrar de una manera sencilla y práctica cómo utilizar una variante del método de apoyo multicriterio a las decisiones TOPSIS en un entorno difuso. Además se puede apreciar claramente la flexibilidad que otorga al analista la modelización de criterios mediante variables lingüísticas.

Considerando la importancia que significa la posibilidad de tomar decisiones de jerarquía, ya sea para cada individuo o como grupo en una organización, y la demanda cada vez más frecuente con que es necesario involucrarse en este proceso, la agilidad en la obtención de una respuesta eficiente se vuelve un hecho indispensable en la vida de todas las personas. Es por lo cual el sistema desarrollado representa una herramienta de relevancia para la toma de decisiones, ya que permite al decisor una alternativa clara en la definición de criterios, en la ponderación de cada uno de ellos y en el análisis de cada alternativa.

Como se expresó, la orientación en el proceso decisorio es el objetivo primordial del trabajo.

El presente modelo se enmarca en ese enfoque y su utilidad proviene justamente de su versatilidad y su sencilla aplicación. Su mecanismo técnico es simple en sus pasos matemáticos, por lo que facilita la programación o creación de un software adecuado para su aplicación, que permita visualizar las salidas finales desde las entradas brindadas por un decisor no especializado en métodos cuantitativos.

Es de destacar también la flexibilidad del método que, con sus ponderaciones a libre elección del decisor/es, permite distintos análisis de sensibilidad en la obtención de un rating de preferencia de las acciones posibles; es, entonces, una herramienta útil e importante en la decisión.

Consecuentemente, es hora de pensar en la extensión de estos modelos hacia las pequeñas organizaciones. El analista o asesor de Gestión futuro necesariamente deberá ser interdisciplinario y trabajar y coordinar equipos con la ayuda de tecnología apropiada.

BIBLIOGRAFÍA

- Chen-Tung Chen (2000): *Extensions of the TOPSIS for group-decision making under fuzzy environment* - Fuzzy Sets and Systems Vol 114. Pp.1-9
- Ercole R., Alberto C. y Carignano . (2010): *TOPSIS en acciones con Variables Lingüísticas* - XXXIII Congreso IAPUCO - Mar del Plata, Argentina.
- Carignano, Claudia - Martinez, Rodrigo J - Paterno, Cecilia I (2011): *TOPSIS fuzzy application program* - ENDIO 2011 - Río Cuarto, Córdoba.
- Mallo P. (2004): *Gestión de la Incertidumbre en los Negocios*. RIL Editores. Editorial Melusina. Santiago de Chile, Chile.
- Kosko B. (1995): *Pensamiento Borroso* – Traducción castellana de Juan Pedro Campos – Ed. Crítica. Barcelona, España.
- Autran Gomes L., González Araya M. y Carignano C. (2004): *Tomada de Decisoões em Cenários Complexos*. Thomson Editores. Sao Paulo, Brasil.
- Carignano C., Zanazzi J. y Boaglio L. (2005): *Evaluación del Desempeño por Competencias mediante Variables Lingüísticas.- Anales del XVIII ENDIO - XVI EPIO*. Córdoba, Argentina.
- García Cascales M. y Lamata M.T. (2010): *Nueva Aproximación al Método TOPSIS Difuso con Etiquetas Lingüísticas*. Anales del XV Congreso Español sobre Tecnologías y Lógica Fuzzy. España.

APLICACIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO JERÁRQUICO PARA ELEGIR LA FÓRMULA PRESIDENCIAL A VOTAR. CASO DE ESTUDIO EN UN CURSO ELECTIVO DE I.O

**MARIANA FUNES
HERNÁN PABLO GUEVEL**

Palabras clave: AHP, Elecciones presidenciales, Caso de estudio, Curso de I.O.

1. INTRODUCCIÓN

En el proceso educativo, la presentación de situaciones reales como base para la reflexión y el aprendizaje es una técnica ampliamente difundida y utilizada. El planteamiento de un caso es siempre una oportunidad de aprendizaje significativo en la medida que quienes intervienen construyen su aprendizaje a partir del análisis y discusión de situaciones que, partiendo de la vida real, los conectan con teorías, conceptos y conocimientos previos.

La participación en este tipo de técnica desarrolla habilidades de análisis, síntesis y evaluación de la información. Posibilita, también, el desarrollo del pensamiento crítico, la argumentación, el uso de lenguaje especializado, la interacción con otros, el trabajo en equipo y la toma de decisiones, entre otras. (Lopez, 1997).

Valorando estas ventajas, es que en el curso electivo de Investigación Operativa que dictamos, intentamos todos los años plantear el análisis y solución de un caso real. Particularmente, en el ciclo lectivo 2011, frente al hecho de tener que afrontar el proceso de elección presidencial, consideramos oportuno proponer la utilización del método AHP (que había sido enseñado dos semanas previas a los comicios), como herramienta para la determinación del candidato presidencial a votar el 23 de octubre de ese año.

En el presente trabajo describimos esta experiencia y presentamos sus resultados y la opinión suministrada por los estudiantes involucrados.

Se hace constar que el texto base de este capítulo ha sido presentado en carácter de full paper en el congreso de la Escuela de Perfeccionamiento de Investigación Operativa (EPIO), realizado durante

el año 2012 en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. En esa oportunidad fue sometido a referato y aceptado por la comisión científica del evento.

2. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA QUE SE DICTA

Nuestra asignatura es una materia electiva, correlativa directa de una materia obligatoria de carreras en Ciencias Económicas en la que se dictan temas de Investigación Operativa con un enfoque introductorio.

Los contenidos que se desarrollan pretenden profundizar, complementar y ampliar los temas analizados en el curso obligatorio, con especial interés en modelos de programación matemática y de decisión multicriterio, centrandó la atención en la adquisición, por parte de los estudiantes, de las habilidades que les permitan, frente a un problema concreto de decisión, definir las variables involucradas, plantear el modelo correspondiente, resolverlo utilizando el software adecuado, obteniendo las conclusiones pertinentes.

Los cursos son reducidos y las clases teórico-prácticas y en gabinete de computación se desarrollan con la activa participación de los estudiantes, generándose grandes posibilidades de interacción. Como complemento, se utiliza una plataforma educativa que facilita la comunicación entre docentes y estudiantes y habilita el acceso a materiales de estudio.

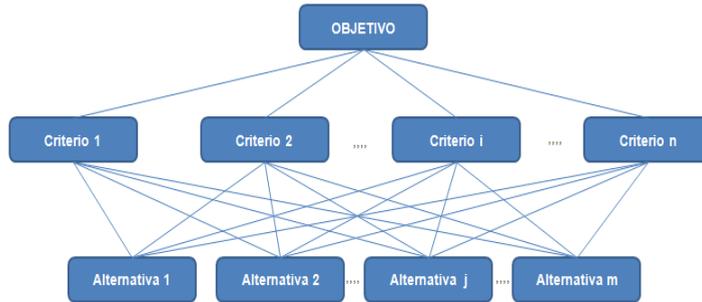
3. EL MÉTODO AHP

El Proceso Analítico Jerárquico o AHP (por sus siglas del inglés Analytic Hierarchy Process), es un método de apoyo a la decisión multicriterio discreta desarrollado por Thomas Saaty que, partiendo de la descomposición del problema en una estructura jerárquica y realizando comparaciones por pares de la importancia relativa de los elementos del modelo, permite obtener la contribución de cada elemento a la decisión final mediante la síntesis de las prioridades de cada nivel, expresadas en forma de pesos. (Saaty, 1986).

Podemos resumir el proceso en los siguientes pasos:

1° Paso: Estructurar el problema de decisión en un árbol jerárquico que identifique sus elementos básicos y los organice en distintos niveles representando el objetivo, los criterios, los subcriterios y las alternativas.

Figura 1: Árbol jerárquico



2° Paso: Realizar comparaciones pareadas entre los distintos elementos de decisión en cada nivel jerárquico (entre los criterios o subcriterios entre sí y entre las alternativas respecto a cada criterio o subcriterio). Para ello se emplea una escala propuesta por Saaty conocida como Escala Fundamental, en la que cada valor asignado representa un juicio verbal del decisor sobre las preferencias de un elemento en relación a otro:

Tabla 1: Escala fundamental de Saaty

Juicio verbal sobre la preferencia de un elemento respecto a otro	Escala Numérica
Igualmente importante	1
Moderadamente importante	3
Notablemente más importante	5
Muchísimo más importante	7
Absolutamente más importante	9
Juicios intermedios	2 – 4 – 6 – 8

3° Paso: Utilizar el método de los valores propios para estimar los pesos relativos o prioridades de los elementos de decisión.

4° Paso: Comprobar la consistencia de los juicios del decisor, calculando una Razón de Consistencia (relación entre el índice de consistencia calculado a partir de los datos y un índice aleatorio propuesto por Saaty) que permite determinar la necesidad de revisar los juicios emitidos por el decisor, si la misma supera determinado umbral.

5° Paso: Generar una evaluación global de cada alternativa sintetizando los resultados a través de una ponderación lineal.

4. DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

Dos semanas previas al acto eleccionario, presentamos a los estudiantes el método AHP, utilizando una clase teórica y otra práctica, en gabinete de computación, en la que se resolvieron problemas extraídos de una guía de trabajos prácticos.

La semana previa al domingo de la elección (para la que se había planificado la modelación de un caso de estudio) se propuso a los estudiantes la utilización de este método para determinar el candidato a presidente a votar.

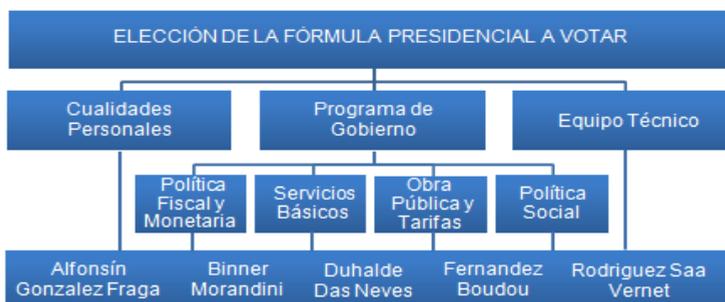
Aún considerando que era un proyecto ambicioso, dado el escaso tiempo con el que contábamos para relevar, sistematizar y procesar la información, decidimos encararlo en virtud de la pertinencia del tema en el proceso la toma de decisiones con un enfoque multicriterio.

La **primera etapa** de esta actividad consistió en someter el problema a un análisis colectivo, generando un ambiente de reflexión y debate sobre la efectividad del método para resolver el problema planteado y posteriormente, sobre los distintos ejes que se tendrían en cuenta para evaluar los candidatos, con el propósito de acordar una estructura jerárquica común.

Para motivar la discusión se propusieron algunos aspectos que podían ser considerados y se sugirió la identificación de aquellos para los que fuera posible generar una base de información homogénea que facilite las comparaciones entre candidatos. Se orientó a los estudiantes para establecer un número reducido de criterios y subcriterios que resulten relevantes, exhaustivos y no redundantes. A medida que se desarrolló el debate, se reformularon y sintetizaron las intervenciones haciendo uso del pizarrón para resumir y clarificar los aportes.

Como resultado de la discusión, acordamos la estructuración del problema en cuatro niveles jerárquicos, como muestra la Figura 2.

Figura 2: Árbol Jerárquico para la elección presidencial



Como puede advertirse al analizar el árbol, para determinar la fórmula presidencial a votar se acordó considerar tres ejes fundamentales de evaluación: las cualidades personales de los candidatos a presidente, su equipo técnico y su programa de gobierno. Este último, dada la diversidad de aspectos que contemplaba, fue subdividido en cuatro subcriterios de análisis. A continuación se realiza una breve descripción de los criterios y subcriterios considerados:

- En Cualidades Personales se acordó considerar los antecedentes académicos, políticos y laborales de cada uno de los candidatos a presidente.

- El eje Equipo Técnico pretendía analizar los antecedentes académicos, políticos y laborales de las personas que formarían parte del gabinete presidencial, de los posibles asesores y del candidato a vicepresidente. Lamentablemente al contar con escasa información al respecto, optamos finalmente por analizar los antecedentes del candidato a vicepresidente.

- El Programa de Gobierno, que implicaba valorar la plataforma electoral de cada fórmula presidencial, se subdividió en los siguientes subcriterios:

- Política Fiscal y Monetaria, considerando el conjunto de medidas relativas al régimen tributario, al gasto público, al endeudamiento interno y externo, al manejo de variables como la inflación, el tipo de interés, el tipo de cambio, las políticas de emisión monetaria y el funcionamiento del Banco Central.

- Servicios Básicos comprendía el análisis de las propuestas referidas a educación, salud y seguridad.

- Obra Pública y Tarifas es un subcriterio que abarcaba la política de transporte, energía, de obras públicas y el régimen tarifario de los servicios públicos, incluyendo el análisis de la política de subsidios.

- La Política Social englobaba las propuestas en relación al procesos de mejoramiento de la calidad de vida, tanto individual como social, incluyendo conceptos como la protección social, la seguridad social y los derechos humanos.

También sometimos a discusión en esta etapa la elección de las fórmulas presidenciales a evaluar y, a partir de un análisis de satisfacción que implicó establecer como requisito que las mismas hubieran alcanzado por lo menos el 5% de votos en las elecciones primarias del 14 de agosto, el listado quedó conformado con Cristina Fernández – Amado Boudou, Ricardo Alfonsín – Javier Gonzalez Fraga,

Eduardo Duhalde – Mario Das Neves, Hermes Binner – Norma Morandini y Alberto Rodríguez Saá – José María Vernet.

Con el propósito de establecer un criterio para la sistematización de la información, se presentó un cuadro comparativo con información relevada de los candidatos a presidente que incluía: fecha y lugar de nacimiento, partido político al que representaban, situación familiar, estudios cursados, cargos públicos desempeñados y compañeros de fórmula, entre otros, y se acordó la información adicional que debía recabarse de manera de aproximarnos al conocimiento del tema y posibilitar la comparación. También se suministró un listado de páginas Web que se recomendó consultar a estos fines.

Una **segunda etapa** de la actividad implicó la recolección de información y su posterior elaboración, a los efectos de establecer una base común que pudiera utilizarse al momento de realizar las comparaciones pareadas de los candidatos. Para llevar a cabo esta tarea, los estudiantes se organizaron en grupos de dos o tres integrantes, a los que se asignó un criterio o subcriterio particular, debiendo confeccionar un archivo que sería remitido al docente para su posterior publicación en la plataforma de la asignatura. Este trabajo no fue sencillo debido a la escasa o inexistente información publicada en algunos casos, o a la excesiva narrativa empleada en otros, lo que dificultó su homogeneización. Por otra parte, no se contaba con tiempo suficiente para realizar una búsqueda pormenorizada, por lo que los estudiantes pudieron experimentar las dificultades que enfrentan los tomadores de decisiones con información limitada.

La **tercera y última etapa** fue individual y requirió la realización de las comparaciones pareadas de las fórmulas presidenciales respecto de cada subcriterio y criterio y de los subcriterios y criterios entre sí, el análisis de la consistencia de los juicios y la determinación de la evaluación global de las fórmulas presidenciales, estableciendo el *ranking*. El procesamiento de la información se realizó en planillas de cálculo diseñadas para este fin, las debían ser presentadas en forma impresa o enviada en formato digital a la cuenta de correo de la asignatura, para realizar la discusión de los resultados en la clase posterior a la elección.

5. RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD

5.1 Resultados de la aplicación del método

Receptadas las planillas de cálculo de los estudiantes y docentes (15 participantes), la información de los pesos relativos de cada

subcriterio y criterio y la evaluación global de las fórmulas presidenciales, como así también de los *rankings* determinados, fue cargada en una planilla de cálculo de manera de comparar los resultados. A partir de esta información se elaboraron las tablas que se presentan a continuación.

Tabla 2: Pesos asignados a los criterios por los participantes aplicando el método AHP.

Participante	Cualidades Personales	Programa de Gob.	Equipo Técnico
Part. 1	0,106	0,633	0,26
Part. 2	0,172	0,753	0,075
Part. 3	0,175	0,633	0,192
Part. 4	0,156	0,62	0,224
Part. 5	0,12	0,608	0,272
Part. 6	0,123	0,557	0,32
Part. 7	0,123	0,557	0,32
Part. 8	0,096	0,619	0,284
Part. 9	0,085	0,671	0,244
Part. 10	0,619	0,096	0,284
Part. 11	0,085	0,671	0,244
Part. 12	0,312	0,49	0,198
Part. 13	0,096	0,619	0,284
Part. 14	0,297	0,539	0,164
Part. 15	0,286	0,143	0,571
Peso Mínimo	0,085	0,096	0,075
Peso Máximo	0,619	0,753	0,571
Rango de Pesos	0,534	0,657	0,496
Promedio	0,19	0,547	0,262
Desviación Estándar	0,142	0,185	0,107
Coefficiente de Variación	0,746	0,336	0,411

Tabla 3: Pesos asignados a los subcriterios por los participantes aplicando el método AHP

Participante	Política Fiscal y Monetaria	Servicios Básicos	Obras Públicas y Tarifas	Política Social
Part. 1	0,457	0,138	0,25	0,155
Part. 2	0,548	0,27	0,131	0,051
Part. 3	0,231	0,484	0,168	0,117
Part. 4	0,284	0,485	0,064	0,167
Part. 5	0,569	0,227	0,115	0,089
Part. 6	0,476	0,288	0,154	0,081
Part. 7	0,466	0,277	0,096	0,161
Part. 8	0,484	0,231	0,117	0,168
Part. 9	0,542	0,233	0,14	0,085
Part. 10	0,536	0,22	0,122	0,122
Part. 11	0,531	0,218	0,148	0,104
Part. 12	0,438	0,244	0,219	0,1
Part. 13	0,207	0,364	0,066	0,364
Part. 14	0,455	0,263	0,141	0,141
Part. 15	0,58	0,164	0,164	0,093
Peso Mínimo	0,207	0,138	0,064	0,051
Peso Máximo	0,58	0,485	0,25	0,364
Rango de Pesos	0,373	0,347	0,186	0,313
Promedio	0,454	0,274	0,14	0,133
Desviación Estándar	0,119	0,1	0,05	0,073
Coefficiente de Variación	0,263	0,366	0,357	0,548

Tabla 4: Pesos asignados a las fórmulas presidenciales por los participantes aplicando el método AHP

Participante	Fernández Boudou	Binner Morandini	Alfonsín Gonzalez F.	Duhalde Das Neves	Rodríguez S. Vernet
Part. 1	0,119	0,355	0,131	0,185	0,211
Part. 2	0,045	0,296	0,109	0,441	0,204
Part. 3	0,157	0,372	0,211	0,188	0,071
Part. 4	0,168	0,242	0,219	0,22	0,151
Part. 5	0,309	0,241	0,085	0,136	0,294
Part. 6	0,16	0,245	0,24	0,177	0,177
Part. 7	0,121	0,286	0,102	0,402	0,112
Part. 8	0,154	0,345	0,216	0,19	0,117
Part. 9	0,122	0,267	0,233	0,224	0,154
Part. 10	0,331	0,154	0,291	0,116	0,108
Part. 11	0,269	0,273	0,15	0,118	0,19
Part. 12	0,158	0,231	0,223	0,225	0,162
Part. 13	0,497	0,26	0,084	0,049	0,11
Part. 14	0,104	0,28	0,224	0,207	0,186
Part. 15	0,191	0,302	0,231	0,145	0,132
Peso Mínimo	0,045	0,154	0,084	0,049	0,071
Peso Máximo	0,497	0,372	0,291	0,441	0,294
Rango de Pesos	0,452	0,218	0,207	0,392	0,223
Promedio	0,194	0,277	0,183	0,202	0,159
Desviación Estándar	0,114	0,055	0,066	0,102	0,055
Coefficiente de Variación	0,589	0,198	0,361	0,505	0,348

Del análisis de las Tablas 2 a 4 se destaca:

- Hubo, en general, concordancia en los pesos asignados a los criterios. La mayoría de los participantes (13 de 15) consideraron que el Programa de Gobierno era el criterio más importante; 11 valoraron al Equipo técnico en segundo lugar y 10 asignaron los pesos más bajos a las Cualidades Personales. Este orden coincide con los pesos promedio por criterio, de 0,547, 0,262 y 0,190 para el Programa de Gobierno, el Equipo Técnico y Cualidades Personales, respectivamente. Cabe mencionar que este último criterio registra una importante variabilidad relativa (0,746) lo que refleja la poca homogeneidad en los pesos asignados al mismo.
- También se registra concordancia en las ponderaciones asignadas a los subcriterios. La mayoría de los participantes coloca a la

Política Fiscal y Monetaria en primer lugar de preferencias, seguida por la valoración de las propuestas en Educación, Salud y Seguridad (Servicios Básicos). Los subcriterios Obras Públicas y Política Social, ocupan, en todos los casos el tercer y cuarto lugar. Sin embargo, no existe una marcada preferencia de uno respecto del otro.

- De las cinco fórmulas presidenciales evaluadas, la de Fernández – Boudou (con un peso mínimo de 0,045 y uno máximo de 0,497), registró mayor dispersión, seguida por Duhalde – Das Neves (0,049 – 0,441). Podría interpretarse que estos candidatos son los que cosecharon mayor adhesión y, a la vez, mayor rechazo. Esta situación se refleja al analizar la dispersión relativa, que asume valores de 0,598 y 0,505, respectivamente. Por el contrario, Binner – Morandini registró la menor dispersión con un coeficiente de variación de 0,198, lo que nos hace presumir que fue percibida como una fórmula de posición moderada que le permitió captar la preferencia de la mayoría de los participantes.

Comparando los *rankings* (Ver Tabla 5):

- La fórmula encabezada por Binner fue la más elegida. Diez de los quince participantes la posicionaron en primer lugar, y en ninguno de los casos resultó cuarta o quinta.

- Alfonsín y Rodríguez Saa nunca obtuvieron el primer lugar. Sin embargo, el diputado nacional fue el candidato que más veces ocupó la segunda posición.

- Las fórmulas encabezadas por Fernández y Duhalde, a diferencia del resto, ocuparon todas las posiciones del ranking. La primera, si bien ocupó tres veces la posición máxima, fue también la posicionada en el último lugar en mayor número de oportunidades (6 veces).

Tabla 5: Número de veces que el candidato ocupó las diferentes posiciones del *ranking*

<i>Ranking</i>	Fernández Boudou	Binner Morandini	Alfonsín González F.	Duhalde Das Neves	Rodríguez S. Vernet
1°	3	10	0	2	0
2°	1	3	6	3	2
3°	2	2	3	4	4
4°	3	0	4	4	4
5°	6	0	2	2	5

Pudo advertirse, también, una marcada polarización entre quienes preferían a los candidatos de las dos fracciones más fuertes del justicialismo, ya que los que posicionaron a Fernández – Boudou en primer lugar, asignaron a Duhalde – Das Neves el cuarto o quinto puesto y quienes prefirieron a estos últimos, posicionaron a Fernández – Boudou en tercero y quinto lugar. La fórmula Rodríguez Saa – Vernet, por su parte, fue la dupla con menor aceptación, ya que nueve de los quince participantes la posicionaron en el cuarto o quinto lugar.

5.2. Opinión de los estudiantes

Al finalizar la actividad se administró una encuesta anónima a los estudiantes con el objeto de conocer su percepción en relación a la actividad realizada y a la utilización del método, como así también recabar información acerca de la modalidad de trabajo adoptada, las dificultades afrontadas y sus impresiones sobre la experiencia realizada.

Los resultados obtenidos evidencian lo siguiente:

- Todos los alumnos valoraron la actividad positivamente. El 58% respondió que la consideró interesante y el 42%, muy interesante.
- El 91,7% concluyó que AHP es un método apropiado para la resolución de este tipo de problemas, y los demás lo consideraron muy apropiado.
- Un solo participante manifestó haber votado a una fórmula diferente a la posicionada en primer lugar por la aplicación del AHP.
- Al indagar respecto a la mecánica utilizada para realizar la evaluación de las propuestas de los candidatos y asignar los pesos correspondientes, los estudiantes manifestaron haber realizado, en algunos casos, un análisis global de las propuestas, otros establecieron rankings o asignaron puntajes a las mismas, que posteriormente utilizaron para realizar las comparaciones de a pares.
- Consultados acerca de las dificultades que experimentaron al realizar el trabajo, los principales problemas mencionados fueron la dificultad para alcanzar la consistencia en los juicios y para identificar la información relevante y procesarla de manera que sea comparable, además de cómo valorar los candidatos para los cuales la información era incompleta o inexistente.
- Finalmente, se solicitó realizaran cualquier comentario que consideraran pertinente, recogiéndose entre otras, las siguientes opiniones:

“El método es muy bueno y apropiado, la verdad me sirvió mucho aprender para poder aplicarlo en otras situaciones”.

“La actividad me pareció muy interesante ya que nunca pensé que a través de un método como el AHP podría tomar una decisión como esta. Además me llevó a investigar sobre candidatos a elecciones algo que no había hecho antes en cualquier otra elección.”

“Fue muy interesante poder aplicar el método a un caso real y poder analizar los resultados ya con mucha información de base.”

“A pesar de que ya sabía a quién votar, me dio el mismo resultado, me sirvió para conocer el orden de preferencias que tenía sobre los demás candidatos y corté boleta con el candidato que me dio segundo en el AHP.”

6. CONCLUSIONES

La experiencia de aplicar el método AHP a la elección de la fórmula presidencial a votar, como una actividad práctica durante el cursado de la asignatura, fue sumamente positiva.

Los estudiantes debieron asumir el rol de un decisor que, a partir de la información disponible y con la ayuda de la metodología aprendida, debía seleccionar un curso de acción con consecuencias en la vida institucional de su país.

La participación en esta actividad les permitió tomar contacto con la realidad y desarrollar capacidades de selección, de síntesis, de análisis y evaluación de la información relevante.

Trabajar en grupo e interactuar con otros estudiantes, asumir actitudes de cooperación e intercambio, contribuyeron a reforzar sus habilidades sociales.

Podemos concluir que el estudio de casos genera aprendizajes significativos. Quienes participan construyen nuevos conocimientos a partir del análisis de situaciones reales, estableciendo relaciones, conexiones y diferencias con los conocimientos y conceptos previos, que pueden ser aplicados, no mecánicamente sino comprensiva y creativamente, a otras situaciones.

REFERENCIAS

- LÓPEZ A. (1997): *Iniciación al análisis de casos, una metodología activa de aprendizaje en grupos*. Ediciones Mensajero, S. A. Bilbao, España.

- SAATY, T. (1986). *Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process*. Management Science, Vol. 32, 7, pp. 841-855.
- Diario La Nación (2011): <http://www.lanacion.com.ar/elecciones-2011/> Disponible en web: 01-10-20
- Fundación Yo Quiero Saber, un proyecto de Acción Social (2011): Universidad Torcuato Di Tella, Poder Ciudadano, entre otros. <http://yoquierosaber.org/que-proponen/> Disponible en web: 01-10-2011
- Página oficial de la fórmula Alfonsín-González Fraga (2011): <http://www.ucr.org.ar/>. Disponible en web: 01-10-2011.
- Página oficial de la fórmula Binner-Morandini (2011): <http://www.hermesbinner.com.ar/> Disponible en web: 01-10-2011.
- Página oficial de la fórmula Duhalde – Das Neves (2011): <http://www.eduardoduhalde.org/> Disponible en web: 01-10-2011.
- Página oficial de la fórmula Fernández – Boudou (2011): <http://www.casarosada.gov.ar/> Disponible en web: 01-10-2011.
- Página oficial de la fórmula Rodríguez Saa – Vernet (2011): <http://www.albertorodriguezsaa.com.ar/> Disponible en web: 01-10-2011.

UTILIZACIÓN DEL MODELO DE FLUJO DE COSTO MÍNIMO PARA LA OPTIMIZACIÓN EN REDES

SANTIAGO MINOLLI

Palabras Clave: Flujo de costo mínimo, Redes, Recorrido.

1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta un modelo de programación matemática sobre la base del problema de flujo de costo mínimo, desarrollado para resolver un caso presentado en el Instituto de Estadística y Demografía de nuestra facultad, que consistía en asignar encuestadores a diferentes destinos en los que debían realizarse un número determinado de encuestas y determinar sus recorridos minimizando las distancias. Posteriormente, se compararon los resultados del modelo con los obtenidos en Minolli y Margara (2012).

Para definir el modelo debían tenerse en cuenta el número de encuestas a realizar en cada ubicación y el número máximo y mínimo de encuestas que podían ser asignadas a cada encuestador.

El número total de encuestas a realizar ascendía a 1076, distribuidas en 50 destinos de la ciudad (Ver Anexo, Cuadro 7). Para la realización de las mismas se contaba con 12 encuestadores que debían partir del mismo punto (Facultad de Ciencias Económicas). Cada uno de ellos debía realizar no menos de 70 y no más de 110 encuestas en total.

Sobre la base de los requerimientos planteados por el Instituto, se desarrolló un modelo que permitió determinar, por un lado, los recorridos que minimizaran las distancias de caminata y, por otro, la cantidad de encuestas a realizar en los distintos destinos que formaran parte del recorrido de cada encuestador.

En la solución alternativa planteada en Minolli y Margara (2012) se aplicaron métodos de clasificación no supervisada para establecer siete grupos de destinos a los que fueron asignados los encuestadores mediante un modelo de asignación y, posteriormente, se definieron los recorridos de cada uno de ellos mediante un modelo de flujo de costo mínimo para cada grupo de destinos.

Los resultados obtenidos por ambas soluciones reflejaron una pequeña diferencia respecto de la distancia total recorrida por los encuestadores, pero diferencias significativas en los tiempos de solución.

Se hace constar que el texto base de este capítulo ha sido presentado en carácter de *full paper* en el XVI Congreso Latinoamericano de Investigación Operativa (CLAIO), realizado durante el año 2012 en Rio de Janeiro, Estado de Rio de Janeiro. En esa oportunidad fue sometido a referato y aceptado por la comisión científica del evento.

2. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS RECORRIDOS¹

Para la resolución del problema se trabajó sobre la base del modelo de flujo de costo mínimo aplicado a problemas de redes. El problema del flujo de costo mínimo se caracteriza por tener una solución muy eficiente y por abarcar una clase amplia de aplicaciones.

En estos problemas, el objetivo es minimizar el costo total de enviar los recursos disponibles a través de la red para satisfacer la demanda dada.

Para la formulación del modelo debe considerarse una red dirigida y conexa en la que por lo menos uno de sus nodos sea un nodo fuente y otro sea un nodo demanda.

Las variables del modelo quedan definidas de la siguiente manera:

x_{ij} = flujo a través del arco $i \rightarrow j$.

La información con la que se trabaja incluye los siguientes parámetros:

c_{ij} = costo por unidad de flujo a través del arco $i \rightarrow j$.

u_{ij} = capacidad de flujo del arco $i \rightarrow j$.

b_j = flujo neto generado en el nodo j .

n = número de nodos del problema.

El valor de b_j depende de la naturaleza del nodo j , donde:

$b_j > 0$, si j es un nodo fuente.

$b_j < 0$, si j es un nodo demanda.

$b_j = 0$, si j es un nodo de transbordo (en este caso solo se dispone de nodos fuente y demanda).

La función objetivo de estos modelos está dada por:

$$\text{Minimizar } z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

¹ Ver Hillier y Lieberman (2002).

La misma se encuentra sujeta a dos grupos de restricciones. El primer grupo de restricciones es de la forma:

$$\sum_{i=1}^n x_{ji} - \sum_{i=1}^n x_{ij} = b_j \quad \text{para cada nodo } j \quad (2)$$

En estas restricciones, la primera suma representa el flujo total que sale del nodo j , mientras que la segunda representa el flujo total que entra al nodo j . De esta forma, la diferencia es el flujo neto generado en el nodo.

El segundo grupo de restricciones es el siguiente:

$$0 \leq x_{ij} \leq U_{ij} \quad \text{para cada arco } i \rightarrow j \quad (3)$$

En estas restricciones se refleja la capacidad de flujo de cada uno de los arcos del problema.

2.1. Variantes formuladas al modelo general

El modelo fue adaptado a las siguientes particularidades del problema:

(1) Del modelo debe resultar un recorrido (una red) para cada encuestador.

(2) El modelo tendrá un número de nodos fuente (origen) igual al número de encuestadores. Los demás nodos serán nodos demanda (destino).

(3) El recorrido de cada encuestador será una trayectoria dirigida, entre su punto de partida (nodo fuente) y el último nodo de su recorrido.

(4) Si un nodo se encuentra en el recorrido de un encuestador, el flujo total que entre a ese nodo solo podrá provenir de un solo nodo que se encuentre en el mismo recorrido.

Por ejemplo, si el nodo fuente O y los nodos A , y B se encuentran en el recorrido, el flujo total que entre al nodo B solo podrá provenir del nodo O o del nodo A , pero no de ambos simultáneamente.

(5) Si un nodo se encuentra en el recorrido de un encuestador (siempre que no sea el último nodo del recorrido), el flujo total que salga de ese nodo podrá destinarse solo a un nodo que todavía no se encuentre en el recorrido.

Por ejemplo, si el nodo fuente O y los nodos A , y B se encuentran en el recorrido (trayectoria $O \rightarrow A \rightarrow B$), y los nodos C y D se encuentran fuera del recorrido, el flujo total que salga del nodo B solo podrá destinarse al nodo C o al nodo D , pero no a ambos simultáneamente,

tampoco podrá estar dirigido a los nodos *O* y *A*, puesto que ya forman parte del recorrido.

El modelo de flujo de costo mínimo en su forma general no excluye la posibilidad de que se formen recorridos como el ilustrado en la figura 1. Las adaptaciones al modelo presentadas en los puntos 4 y 5 permiten que el modelo solo determine recorridos como el que se presenta en la figura 2:

Figura 1: Recorrido para el modelo de flujo de costo mínimo general

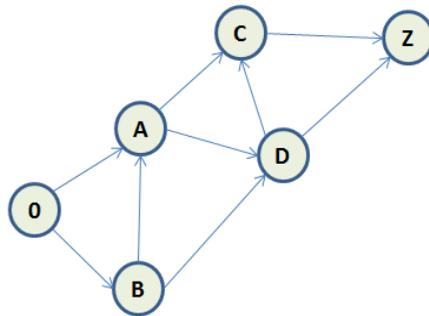
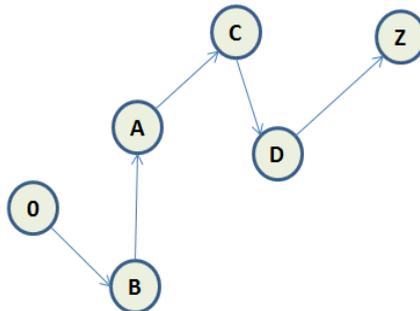


Figura 2: Recorrido para el modelo de flujo de costo mínimo adaptado



(6) Si un nodo se encuentra en el recorrido de más de un encuestador, lo establecido en los puntos 4 y 5 se verificará para el recorrido de cada encuestador por separado. No existe límite respecto de la cantidad de encuestadores en cuyo recorrido pueda encontrarse el mismo nodo (un nodo podrá ser visitado por más de un encuestador).

Esto quiere decir que cuando el nodo forme parte de más de un recorrido, el flujo total que entre al nodo deberá provenir de un solo nodo

por recorrido. De la misma manera, el flujo total que salga del nodo podrá estar destinado a un solo nodo por recorrido.

(7) Los recorridos de todos los encuestadores deberán, en conjunto, incluir a todos los nodos del problema.

Por ejemplo, si el problema tuviera solo dos encuestadores y los nodos A, B, C, D y E , esta condición se cumplirá cuando uno de los encuestadores tenga el recorrido $0 \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C$ mientras que el otro encuestador tenga el recorrido $0 \rightarrow A \rightarrow D \rightarrow E$.

2.2. Descripción del modelo para el problema

En el Cuadro 1 se indica el significado que se asigna a los distintos elementos del problema en este caso particular:

Cuadro 1: Nodos, arcos y flujos del modelo

NODOS	ARCOS	FLUJOS
Destinos de los encuestadores	Caminos entre los destinos de los encuestadores	Nº de encuestas

Se definieron las siguientes variables:

x_{kij} : flujo, en nº de encuestas, a través del arco $i \rightarrow j$ para el encuestador k .

$$\delta_{kij} = \begin{cases} 1 & \text{El encuestador } k \text{ viaja a través del arco } i \rightarrow j. \\ 0 & \text{De otra manera.} \end{cases}$$

$$\delta_{kj} = \begin{cases} 1 & \text{El encuestador } k \text{ pasa por el nodo } j. \\ 0 & \text{De otra manera.} \end{cases}$$

Se definieron los siguientes parámetros:

b_j : Flujo neto generado en el nodo demanda j .

u_{kij} : Capacidad de flujo del arco $i \rightarrow j$ para el encuestador k .

Donde:

$$i \in I; j \in J; k \in K$$

Para:

$$I = \{ 0, 1, 2, \dots, 50 \}$$

$$J = \{ 1, 2, 3, \dots, 50 \}$$

$$K = \{ 1, 2, 3, \dots, 12 \}$$

Las variables binarias δ_{kij} "habilitan" el flujo a través del arco $i \rightarrow j$ para el encuestador k . Si para dos nodos, i y j la variable δ_{kij} asume un valor 1, esto quiere decir que es posible el flujo a través del arco dirigido desde el nodo i al nodo j , lo que para este modelo significa que el encuestador k viajará desde el nodo i al nodo j . Las razones para la introducción de estas variables se encuentran explicadas en los puntos 4, 5 y 6 de la sección 2.2.

Las variables binarias δ_{kij} no son necesarias para la resolución del modelo planteado. Las mismas pueden ser eliminadas sin que se vean afectados los resultados obtenidos. Sin embargo, se optó por mantenerlas puesto que pudo comprobarse una reducción significativa en el tiempo de solución al incluirlas como variables del modelo.

Los parámetros b_j representan la cantidad de encuestas que deben ser realizadas en el nodo j . (Confrontar con columna "Encuestas a Realizar", Cuadro 7, Anexo).

Cabe aclarar que el flujo neto generado por los nodos demanda siempre es un número negativo:

$$b_j < 0 \quad \forall j \quad (4)$$

Esto se debe a que cada nodo demanda j requieren de una cantidad b_j de flujo, la cual debe ser satisfecha.

El flujo neto generado en cada uno de los k nodos fuente, que representa la cantidad total de encuestas que debe realizar el encuestador k en los distintos nodos que formen parte de su recorrido, es determinado por el modelo.

El flujo neto generado por los nodos fuente siempre es un número positivo:

$$\sum_{j \in J} x_{kij} > 0 \quad \forall k; i = 0 \quad (5)$$

Esto se debe a que cada nodo fuente, asociado a un encuestador k , tiene una cantidad de flujo disponible determinada por el modelo, el cual debe ser distribuido a través de la red hacia los nodos demanda.

En este modelo, la capacidad de flujo para todos y cada uno de los arcos $i \rightarrow j$ que se encuentren "habilitados" será, como máximo, igual a la máxima cantidad posible de encuestas que un encuestador debe realizar, conforme a los requerimientos del problema:

$$u_{kij} = 110 \quad \forall k, \forall j; \forall i \quad (6)$$

El conjunto I está compuesto por los subíndices que representan los nodos desde los que parten los arcos dirigidos $i \rightarrow j$ del modelo. Incluye al nodo 0, que es el punto de partida (nodo fuente) común para todos los encuestadores.

El conjunto J está compuesto por los subíndices que representan a los nodos a los que llegan los arcos dirigidos $i \rightarrow j$ del modelo.

El conjunto K está compuesto por los subíndices que representan a los encuestadores.

La función objetivo del modelo está dada por:

$$\text{Minimizar } z = \sum_{k \in K} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{kij} \delta_{kij} \quad (7)$$

Donde los coeficientes c_{kij} representan las distancias en kilómetros a recorrer por el encuestador k desde el nodo i al nodo j .

Estas distancias se obtuvieron utilizando la aplicación de Google: Google Maps.

El objetivo consiste en determinar los recorridos para todos los encuestadores, de forma tal que se minimicen las distancias recorridas y se realicen todas las encuestas demandadas en cada uno de los nodos del problema.

Las restricciones del modelo son las siguientes:

$$\sum_{i \in I} x_{kji} - \sum_{i \in I} x_{kij} \geq b_j \delta_{kj} \quad \forall k; \forall j \quad (8)$$

Este grupo de restricciones establece a cuánto debe ascender, como máximo, el flujo neto generado en los nodos de demanda j por los que pase el encuestador k .

Las restricciones de este grupo no difieren de las restricciones de flujo neto del problema de flujo de costo mínimo en su forma general (Ver sección 2.1), salvo en dos aspectos fundamentales:

Por un lado, el flujo neto generado en el nodo j será igual a cero si el encuestador k no pasa por el mismo ($\delta_{kj} = 0$), por lo que el encuestador k no deberá realizar encuestas en este nodo.

Por otro lado, la restricción se encuentra expresada mediante una desigualdad, puesto que considera la posibilidad de que más de un encuestador pase por el nodo j , por lo que no será necesario que el encuestador k realice todas las encuestas que deben ser realizadas en el nodo (b_j). Esto quiere decir que la suma total de los flujos que entran y salen del nodo j , para el encuestador k , puede ser menor que el flujo

neto b_j . La restricción es de mayor o igual (\geq) porque los flujos netos b_j son siempre negativos.

$$\sum_{i \in I} x_{kji} - \sum_{i \in I} x_{kij} \leq 0 \quad \forall k; \forall j \quad (9)$$

Este grupo de restricciones establece que el flujo total que sale del nodo j debe ser menor o igual al flujo total que entra al mismo para el encuestador k .

El mismo fue incluido para garantizar que el flujo total que sale de un nodo que forma parte del recorrido de un encuestador, no sea mayor al flujo total que entra al mismo proveniente de otro nodo de dicho recorrido.

Además, este grupo de restricciones y el anterior, permiten que los nodos demanda del modelo actúen como nodos de transbordo cuando el flujo total que entra al nodo y el flujo total que sale del mismo sean iguales, y siempre que sea conveniente para minimizar las distancias recorridas.

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in I} x_{kji} - \sum_{k \in K} \sum_{i \in I} x_{kij} = b_j \quad \forall j \quad (10)$$

Este grupo de restricciones establece a cuanto debe ascender el flujo neto generado en los nodos de demanda j .

El mismo fue incluido para garantizar que las encuestas que deben realizarse en el nodo j (b_j) sean efectuadas por al menos uno de los encuestadores, pudiendo ser realizadas por más de uno de ellos.

Estas restricciones tienen en cuenta, para cada nodo j , los flujos que entran y salen del mismo para todos los encuestadores del problema.

$$\sum_{j \in J} x_{kij} \geq 70 \quad \forall k; i = 0 \quad (11)$$

Las restricciones de este grupo establecen que el flujo neto generado en el nodo fuente para el encuestador k debe ser mayor o igual que 70 (encuestas).

$$\sum_{j \in J} x_{kij} \leq 110 \quad \forall k; i = 0 \quad (12)$$

Las restricciones de este grupo establecen que el flujo neto generado en el nodo fuente para el encuestador k debe ser menor o igual que 110 (encuestas).

$$\sum_{j \in J} \delta_{kij} = 1 \quad \forall k; i = 0 \quad (13)$$

Las restricciones de este grupo establecen la necesidad de que el nodo de partida (nodo fuente) de cada uno de los k encuestadores se encuentre conectado a un solo nodo demanda, mediante un arco dirigido que parta desde el nodo fuente.

$$\sum_{i \in I} \delta_{kji} \leq \delta_{kj} \quad \forall k; \forall j; i \neq 0 \quad (14)$$

Las restricciones de este grupo establecen que si el encuestador k pasa por el nodo demanda j , ese nodo debe conectarse, como máximo, con un solo nodo demanda, mediante un arco dirigido que parta desde el nodo j .

$$\sum_{i \in I} \delta_{kij} = \delta_{kj} \quad \forall k; \forall j \quad (15)$$

Las restricciones de este grupo establecen que si el encuestador k pasa por el nodo demanda j , ese nodo debe conectarse necesariamente con un solo nodo demanda, mediante un arco dirigido que llegue al nodo j desde el otro nodo.

Los grupos de restricciones (13) (14) y (15) son los que permiten adaptar el modelo de flujo de costo mínimo general a las particularidades de nuestro problema, descritas en los puntos 3 a 6 de la sección 2.2.

$$\sum_{k \in K} \delta_{kj} \geq 1 \quad \forall j \quad (16)$$

Las restricciones de este grupo establecen la necesidad de que cada nodo sea visitado al menos por un encuestador.

Si bien este grupo de restricciones es redundante (su presencia en el modelo no es necesaria para la resolución del mismo), se optó por mantenerlas puesto que pudo comprobarse una reducción significativa en el tiempo de solución al incluirlas.

$$x_{kij} \leq U_{kij} \delta_{kij} \quad \forall k, \forall j; \forall i \quad (17)$$

Este grupo de restricciones establece la capacidad de flujo máxima de cada arco $i \rightarrow j$ y si se permite o no el flujo a través del mismo.

Las restricciones de este grupo determinan la capacidad máxima de flujo del arco dirigido $i \rightarrow j$ para el encuestador k , siempre y cuando el flujo a través de dicho arco se encuentre “habilitado” por el encuestador. Esta situación se dará solo cuando el encuestador viaje a través del arco.

Cuando el encuestador “habilite” el flujo a través del arco, la capacidad máxima de flujo del mismo será igual a la máxima cantidad posible de encuestas que un encuestador puede realizar conforme a los requerimientos del problema.

Cuando el encuestador no “habilite” el flujo a través del arco, la capacidad máxima de flujo del mismo será igual a cero.

Se impuso, finalmente, a las variables δ_{kij} y δ_{kj} la condición de ser binarias y a las variables x_{kij} , la condición de ser enteras y no negativas:

$$\delta_{kij} \text{ binarias } \forall kij; \delta_{kj} \text{ binarias } \forall kj; x_{kij} \text{ enteras } \forall kij \wedge x_{kij} \geq 0 \quad (18)$$

La cantidad de variables y restricciones para el modelo se presenta en el siguiente cuadro:

CUADRO 3: Cantidad de restricciones y variables del Modelo de Flujo de Costo Mínimo

N° DE VARIABLES			N° DE RESTRICCIONES (*)									
δ_{kij}	δ_{kj}	x_{kij}	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
30000	600	30000	600	600	50	12	12	12	600	600	50	30000

2.3. Resultados

En el Cuadro 4 se presentan los recorridos determinados para cada encuestador, detallando los números de los nodos que deben ser visitados por los mismos:

CUADRO 4: Recorridos

ENC	RECORRIDO	ENC	RECORRIDO
1	0→29→30→44→14→35→36→34→33	7	0→29→30→43→15→18→16→17
2	0→37→1→2	8	0→42→45→15→4→6→7→8→5
3	0→29→30→12→23→20→22→9→10→31	9	0→29→47→12→21→23→19
4	0→48→39→3→11	10	0→49→50→42→41→45
5	0→40→28→38→37	11	0→46→25→27→26→32
6	0→13	12	0→24→13

La totalidad de los resultados obtenidos para el modelo se encuentran expuestos en el Cuadro 6 del Anexo.

En el mismo pueden observarse los nodos que forman parte del recorrido de cada encuestador, la cantidad de encuestas que los mismos deben realizar en cada uno de dichos nodos y la cantidad total de encuestas que deben ser realizadas en cada nodo por parte de todos los encuestadores que pasen por el mismo.

Para la resolución del modelo se utilizó el software Premium Solver Platform y el motor solver Gurobi.

El modelo fue resuelto con una tolerancia al valor entero del 9%, esto es, con una brecha relativa entre la mejor solución entera posible y la solución obtenida, del 9%. Todas las restricciones del modelo fueron satisfechas. La distancia total a recorrer para todos los encuestadores fue de 51,74 km y la solución se obtuvo en 10 horas y 36 minutos.

En la solución propuesta por Minolli y Margara (2012) los recorridos para los encuestadores fueron determinados utilizando 7 modelos de flujo de costo mínimo, uno por cada grupo de destinos. La distancia total a recorrer para todos los encuestadores fue de 53,22 km.

Los tiempos de solución para los 7 modelos de Minolli y Margara (2012) se presentan a continuación:

CUADRO 5: Tiempos de solución Minolli y Margara, 2012

0	1	2	3	4	5	6	7
TIEMPO	27 seg.	0 seg.	6 seg.	7 seg.	0 seg.	15 seg.	0seg.

Comparando los resultados de ambas soluciones podemos observar una diferencia en la distancia total a recorrer por los encuestadores de menos de un 3%, mientras que respecto de los tiempos de solución corresponde señalar que ambas alternativas presentan diferencias bastante significativas, siendo mucho más rápida la solución en tres etapas presentada en Minolli y Margara (2012).

3. CONCLUSIONES

La utilización del modelo de flujo de costo mínimo permitió resolver un problema de un tamaño considerable de forma ampliamente satisfactoria y con un grado razonable de eficiencia, logrando determinar recorridos para todos los encuestadores que se ajustaran a los requerimientos y objetivos preestablecidos para la resolución del caso y con un tiempo de solución satisfactorio considerando la magnitud del modelo.

Sin embargo, La aplicación de la clasificación no supervisada junto con las variantes de los modelos del problema de asignación, por un lado, y del problema de flujo de costo mínimo por el otro (Minolli y Margara, 2012), permitieron alcanzar resultados similares, en término de distancias a recorrer, pero con tiempos de solución significativamente más bajos que en el presente trabajo.

Es por esta razón que consideramos que, más allá de haber obtenido resultados satisfactorios en este caso en particular, dada la flexibilidad y eficiencia de los modelos de flujo de costo mínimo, la metodología empleada en Minolli y Margara (2012) puede resultar de utilidad para la resolución de otros problemas de mayor tamaño mediante su descomposición en problemas más pequeños de la misma naturaleza.

REFERENCIAS

- Bazaraa, M. y Jarvis, J. (1981): Programación Lineal y Flujo en Redes. Editorial Limusa. México.
- Hillier, F. y Lieberman, G. (2002): Introducción a la Investigación de Operaciones. McGraw-Hill. México.
- Minolli, S. y Margara, F. (2012): La Programación Matemática y la Asignación de Encuestadores. Anales del XXV Encuentro Nacional de Docentes en Investigación Operativa, XXIII Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa, Buenos Aires, Argentina.
- Minolli, S. (2012): Uso de la Programación Matemática para la Asignación de Encuestadores. Anales del XVI Congreso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa, XLIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Rio de Janeiro, Brasil.

ANEXO

CUADRO 6: Resumen del reporte de resultados - Modelo de Flujo de Costo Mínimo

(NODOS) DESTINOS	ENCUESTADORES														Nº DE ENC. A REALIZAR EN EL NODO										
	1		2		3		4		5		6		7			8		9		10		11		12	
	Nº δkj	Nº ENC	Nº δkj	Nº ENC	Nº δkj	Nº ENC	Nº δkj	Nº ENC	Nº δkj	Nº ENC	Nº δkj	Nº ENC	Nº δkj	Nº ENC		Nº δkj	Nº ENC								
1			1	55																					55
2			1	27																					27
3																									17
4							1	17																	36
5																1	36								19
6																1	19								18
7																1	18								16
8																1	16								15
9																1	15								41
10																									18
11							1	27																	27
12						1	0											1	16						16
13											1	70											1	21	91
14	1	15																							15
15																									28
16														1	28	1	0								25
17														1	25										18
18														1	18										14
19														1	14										19
20																		1	19						17
21																				1	29				29
22																									12
23																									11
24																									49
25																									16
26																									15
27																									15
28																									15
29	1	0																							15
30	1	4																							13
31																									16
32																									13
33	1	15																							15
34	1	13																							13
35	1	32																							32
36	1	18																							18
37																									28
38																									27
39																									19
40																									11
41																									22
42																									19
43																									19
44	1	13																							13
45																									13
46																									17
47																									13
48																									16
49																									16
50																									14
NODOS A CUBRIR	8	3	9	4	4	1	7	8	6	5	5	2	TOTAL												
ENCUESTAS A REALIZAR	110	93	110	79	70	70	110	110	100	78	76	70	1076												

CUADRO 7: Datos principales del problema

L L E	NODOS (DESTINOS)	ENCUESTAS	COORDENADAS	
		A REALIZAR	LATITUD	LONGITUD
0	Facultad de Cs. Economicas		-31,43452	-64,18570
1	Alvear Esq. Rosario de Sta Fe	55	-31,4163	-64,18175
2	Rosario de Santa Fe 238	27	-31,41678	-64,18099
3	Rosario de Sta Fe 378	17	-31,41715	-64,17902
4	Santa Rosa 751	36	-31,40887	-64,19323
5	Humberto Primo 725	19	-31,40671	-64,19209
6	Santa Rosa 740	18	-31,40938	-64,19298
7	La Rioja 720	16	-31,40833	-64,1924
8	Humberto Primo esq. Mariano Fraguero	15	-31,40719	-64,19172
9	Rivera Indarte 650	41	-31,40796	-64,18249
10	Rivadavia 646	18	-31,40885	-64,17954
11	Salta 74 - 1° Piso	27	-31,41614	-64,17824
12	27 de Abril 172 - 4° Piso	16	-31,41623	-64,18706
13	Avda. Velez Sarsfield 2311	91	-31,44507	-64,19823
14	Santa Cruz esq. Luis de Azpeitia	15	-31,41396	-64,20574
15	Figueroa Alcorta 234	28	-31,41067	-64,19131
16	Humberto Primo y La Cañada	25	-31,40746	-64,19043
17	Humerto Primo 467 -2° Piso	18	-31,40809	-64,1883
18	Figueroa Alcorta 445	14	-31,40821	-64,1905
19	Tucuman 176	19	-31,41254	-64,18745
20	Gral Paz 120 - 9° Piso	17	-31,41366	-64,18632
21	Rivera Indarte 33	29	-31,41428	-64,18512
22	La Rioja 185	12	-31,41053	-64,18489
23	Gral. Paz 70 - 4° Piso	11	-31,41392	-64,18641
24	Nores Martinez esq. Malagueño 2° Piso of. B	49	-31,44198	-64,18257
25	Av. Richieri 2187 Ex Batallon 141	16	-31,43701	-64,17616
26	Pte. Julio A. Roca esq. La Coruña - Pque. Sarmiento	15	-31,43303	-64,17156
27	Av. Richieri esq. Pte. Julio A. Roca - Pque. Sarmiento	15	-31,43329	-64,17569
28	Hipolito Irigoyen 622	15	-31,42797	-64,18519
29	Hipolito Irigoyen 494	15	-31,42667	-64,18583
30	Hipolito Irigoyen 401	13	-31,42516	-64,18665
31	Av. J. B. Justo 3600 - P.B	16	-31,38279	-64,17613
32	Alvarez de Arenal 230	13	-31,42171	-64,16558
33	Avda. Carcano S/N - Predio Ferial Cordoba	15	-31,37165	-64,26009
34	Avda. Carcano S/N - Estadio Mario A. Kempes.	13	-31,36892	-64,2463
35	Av. Colon 1250	32	-31,40856	-64,20034
36	Avda. Colon 1357	18	-31,40811	-64,20183
37	Bv. Illia 238	28	-31,42165	-64,18313
38	Bv. Chacabuco 737	27	-31,42615	-64,18417
39	Entre Rios 457	19	-31,41996	-64,17898
40	Bv. Chacabuco 1127	11	-31,43009	-64,18548
41	Caseros 356	22	-31,41668	-64,19004
42	Belgrano 347	19	-31,41836	-64,18992
43	27 de abril 552	19	-31,41482	-64,19203
44	Duarte Quiros 650 - 5° Piso	13	-31,41684	-64,19436
45	Marcelo T. de Alvear 68	13	-31,41473	-64,19103
46	Concepcion de Arenales 54	17	-31,43374	-64,18038
47	Avda. Velez Sarsfield 340	13	-31,41916	-64,18867
48	Avda. Poeta Lugones 12	16	-31,42512	-64,17764
49	Marcelo T. de Alvear 876	16	-31,42468	-64,19383
50	Marcelo T. de Alvear 758	14	-31,42331	-64,19337

PARTE II

PROCESOS DE TOMA DE DECISIONES EN GRUPOS

EL PROBLEMA DE LA DE GESTIÓN DE RESIDUOS PATÓGENOS EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA. UNA APROXIMACIÓN A SU ESTRUCTURACIÓN

DANIEL PONTELLI

JOSÉ MARÍA CONFORTE

LAURA LEONOR BOAGLIO

JOSÉ LUIS ZANAZZI

ALICIA SALAMON

PAULINA MASSARI

Palabras Clave: Residuos Patógenos, Ciclo de Vida, Sistema de Gestión

1. INTRODUCCIÓN

Los servicios de atención médica tienen como objetivo reducir y prevenir las enfermedades y problemas de la salud de la población. Como producto de estos servicios se generan residuos que presentan características de toxicidad u actividad biológica, son los llamados residuos patógenos (s/Ley 11.347 de la Provincia de Buenos Aires). Los residuos patógenos son originados debido a múltiples actividades, siendo los servicios de atención médica una de las fuentes de generación. El inadecuado manejo de este tipo de residuos, dadas sus características de peligrosidad puede producir serias consecuencias en la salud de quienes los generan, del personal encargado del manejo interno y externo de los mismos y de la población en general.

La gestión de los Residuos Patógenos (RP) es una tarea de elevada complejidad. Los riesgos inherentes a su manejo, la responsabilidad legal durante todas las etapas del ciclo de vida, la presencia de vacíos en la legislación y la baja capacitación en el tema del personal involucrado, son solo algunas de las cuestiones que complejizan el escenario.

En su sentido más amplio, la gestión de los RP comprende todas las etapas de su ciclo de vida, a grandes rasgos: la generación, el transporte, el tratamiento y la disposición final. El diseño de un sistema

de gestión de este tipo de residuos que logre sostenerse en el tiempo debe tener en consideración variables relacionadas con la contaminación ambiental, con lo económico y, especialmente, debe contar con el compromiso de las personas involucradas. Este motivo hace conveniente efectuar diversas aproximaciones en la exploración preliminar de posibles alternativas de solución para el problema.

Es intención de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC) trabajar en la elaboración y puesta en funcionamiento de un Programa de Gestión Sustentable de los residuos patógenos generados en sus dependencias. Este propósito hace necesario establecer las bases de un sistema de gestión adecuado.

Para lograr este propósito es imprescindible considerar en el análisis, variables vinculadas con la contaminación ambiental, con lo económico y se debe tener en cuenta que para que tenga éxito es imprescindible que las personas involucradas estén comprometidas con el sistema de gestión adoptado.

La Universidad Nacional de Córdoba cuenta con diversos puntos de generación de RP, que a su vez están distribuidos geográficamente en puntos distantes unos de otros. Esto convierte al problema en particularmente complejo; por esta razón, se aborda de manera paulatina y considerando como punto de generación piloto al Hospital Nacional de Clínicas.

Como ya se mencionó, para el abordaje del problema, se recurre al modelo de gestión del ciclo de vida, Life Cycle Management, LCM, (Hunkeler et. al. 2004), lo cual comprende también al estándar de evaluación del ciclo de vida (Standardized Life Cycle Assessment, LCA), planteado en (ISO14040, 1997).

Conforme a las consideraciones anteriores y a experiencias difundidas en la literatura especializada la gestión de residuos patógenos, a nivel técnico – operativo, exige elaborar definiciones respecto a las cuestiones siguientes:

- a) Generación, segregación, tratamiento y acondicionamiento en el lugar de origen.
- b) Recolección y almacenamiento interno.
- c) Transporte, tratamiento y disposición final.

Cada una de estas etapas requiere soluciones diferentes. En principio, en los puntos de emisión no se dispone de una determinación adecuada de volúmenes y tipología. Por ello, resulta necesario identificar las fuentes, hacer una tipificación de los residuos generados en cada una y determinar las cantidades a tratar.

Conforme a este modelo, el ciclo de vida de los residuos patógenos inicia con la segregación de los mismos; continúa generalmente con una fase de acondicionamiento, transporte y almacenamiento; prosigue con el tratamiento y concluye con la disposición final. A lo largo del mismo, los puntos de exposición de personas a estos residuos pueden ser considerados como restricciones al sistema.

Cada fase del ciclo tiene diversos componentes, como por ejemplo el transporte entre los puntos de generación y de tratamiento, o la selección de áreas para almacenamiento y para la disposición final (Pruss et al., 1999).

El presente trabajo tiene como base el que fuera presentado en el Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CLICAP 2012) realizado en la Ciudad de San Rafael, Provincia de Mendoza. En su oportunidad fue sometido a referato y aceptado para su publicación en los Anales del Congreso.

En lo que sigue se hace una descripción de la problemática planteada en la Universidad Nacional de Córdoba, se presentan los resultados de las entrevistas realizadas a personas que trabajan en los puntos de generación: médicos, enfermeras, personal de limpieza y personal encargado de la gestión y un mapa cognitivo que muestra la vinculación existente entre los diferentes aspectos del problema. Con base en la diversidad de elementos obtenidos se realiza una clasificación de los residuos según criterios que resultan útiles a la hora de tomar decisiones en cuanto al tratamiento final que se les pudiera dar.

Según lo dicho, se proponen como objetivos, por un lado la delimitación del problema de la gestión de los residuos patógenos en la Universidad Nacional de Córdoba y por el otro, la identificación de características y relaciones en referencia al ciclo de vida de los residuos.

2. LOS RESIDUOS PATÓGENOS EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

La Universidad Nacional de Córdoba (UNC) genera múltiples residuos derivados de su actividad; la casa de estudios cuenta con doce unidades académicas, dos colegios, noventa, ocho centros e institutos abocados a la investigación científica, una veintena de bibliotecas ubicadas en las distintas unidades académicas y centros de investigación, y otro tanto de museos académicos. En muchas de estas dependencias se generan Residuos Patógenos en donde es necesario regular su manipulación, transporte y disposición final de acuerdo a la reglamentación vigente. Se encuentra inscripta como generador de

residuos peligrosos en la Secretaría de Ambiente de la Provincia de Córdoba. Es por ello que se gestionan los residuos peligrosos y patógenos conforme el procedimiento impuesto por Ley provincial 8973 y su decreto reglamentario 2149/03.

En esta Universidad los residuos infecciosos tienen diversas fuentes de generación:

- Producción industrial (Laboratorio de Hemoderivados)
- Atención sanitaria a la comunidad (Hospital Nacional de Cínicas y Hospital de Maternidad y Neonatología, Clínica Odontológica de la Facultad de Odontología, Dirección de Asuntos Estudiantiles, Banco de Sangre)
- Investigación y desarrollo (Instituto de Virología, Instituto de Biología Celular, Institutos de Investigaciones Biológicas, Instituto de Zoología Aplicada)
- Enseñanza (Cátedra de Anatomía Normal, Campo Escuela Facultad de Agronomía, Facultad de Odontología)

En rigor, no se dispone de datos sobre la composición y los volúmenes de producción de residuos patógenos en los diversos puntos de generación. Si bien se dispone de valores promedio mensuales, no existen estadísticas ni bases de datos de la generación por puntos, es decir hay registros, pero no están sistematizados.

Por otro lado existen evidencias de que en el ámbito de la UNC ocurren anomalías originadas, por un lado, por la falta de claridad en las normas de gestión y por el otro, por errores en la recolección de estos desechos.

En la Tabla 1 se presenta una lista producto del relevamiento de las unidades que integran la UNC con especificación de los tipos de residuos que genera cada una y los volúmenes potenciales.

En esta instancia, la tipificación de los residuos se hace conforme a la adoptada con el Decreto 706/2005 (modificatorio del Dec 1886/2001), para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Tabla 1: Tipos de residuos y distribución por dependencia

Establecimiento	Peso total promedio mensual (kg)	Residuos provenientes de zonas de aislamiento	Cultivos de agentes infecciosos y cultivos celulares	Sangre y hemoderivados	Elementos cortantes y punzantes usados	Residuos orgánicos	Material de uso clínico y de laboratorio descartable	Residuos de unidades de diálisis	Cadáveres de animales de laboratorio y sus partes	Sustancias citostáticas
HW CLINICAS	3750	REDUCIDO	REDUCIDO	MODERADO	ELEVADO	ELEVADO	MODERADO	REDUCIDO	NO APLICA	REDUCIDO
MATERIDAD	2700	REDUCIDO	REDUCIDO	REDUCIDO	ELEVADO	MODERADO	MODERADO	NO APLICA	NO APLICA	REDUCIDO
LAB HEMOD.	4780	NO APLICA	REDUCIDO	ELEVADO	MODERADO	MODERADO	REDUCIDO	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
BIENESTAR EST										
PAUCODONTOL.		NO APLICA	REDUCIDO	REDUCIDO	ELEVADO	NO APLICA	ELEVADO	NO APLICA	MODERADO	NO APLICA
BIO DE SANGRE	220	MODERADO	NO APLICA	MODERADO	ELEVADO	MODERADO	MODERADO	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
PAUCS QUIMICAS										
INST VIROLOG.	160	MODERADO	ELEVADO	MODERADO	REDUCIDO	MODERADO	MODERADO	NO APLICA	REDUCIDO	REDUCIDO
MICROSCOPELEC Y BIOLOG. MOL.	80	MODERADO	MODERADO	REDUCIDO	REDUCIDO	MODERADO	REDUCIDO	NO APLICA	REDUCIDO	REDUCIDO
PEFYH CENTRO	5	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	REDUCIDO	NO APLICA
PEFYH CL	4	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	REDUCIDO	NO APLICA

3. TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO

En la Tabla 1 se describe el tipo de residuo que se genera en cada punto y se da una idea de la importancia de cada tipo según la cantidad generada. Ahora bien, no todos los residuos pueden ser tratados eficazmente con el mismo recurso tecnológico o ese recurso no es el más aconsejado desde el punto de vista del cuidado del ambiente. Así por ejemplo, para algunos tipos de residuos puede resultar más adecuado realizar su tratamiento mediante microondas mientras que otros residuos no pierden su peligrosidad mediante este tipo de tratamiento. Según esta línea de razonamiento, es importante analizar las diferentes tecnologías de tratamiento de residuos patógenos y su eficacia en el tratamiento de cada tipo de residuo. Esto implica dos tareas: por un lado obtener una clasificación de los residuos patógenos que permita realizar su segregación en el punto de generación y por el otro el estudio de qué tipo de tratamiento es el más conveniente para cada tipo de residuo. El análisis de las tecnologías de tratamiento será motivo de posteriores trabajos que darán continuidad al presente; aquí solo se describirán las principales tecnologías existentes sin profundizar en su implementación ni alcance.

Entre las principales tecnologías de tratamiento y variedades dentro de cada una se pueden mencionar:

- Procesos Térmicos
 - Calor Bajo (40°C a 180°C)
 - Calor Medio (180°C a 370°C)
 - Calor Alto (más de 550°C)
- Procesos Químicos
 - Sustancias con Cloro
 - Sustancias sin Cloro
- Procesos por Radiación
 - Fuentes Radioactivas
 - Cañón de Electrones
 - Radiación UV
- Procesos Biológicos (mezcla de enzimas)

Como ya se dijo, no todas las formas de tratamiento son aptas para todos los tipos de residuos. En una segunda etapa de esta línea de investigación se profundizará en este aspecto. Para adoptar la decisión acerca del tipo de tratamiento o tratamientos a adoptar, es necesario conocer el tipo de residuo que se genera y cuál sería la forma adecuada (en términos de sustentabilidad y tipo de tratamiento eficaz), en que pueden segregarse los residuos patógenos.

4. ENTREVISTAS

Según lo dicho hasta aquí, dada la diversidad de residuos patógenos existentes, es posible pensar en diferentes formas de tratamiento. Según el tipo de residuo puede resultar conveniente, tanto desde el punto de vista económico como ambiental, su tratamiento mediante una metodología u otra. La existencia de estas alternativas hace necesaria una clasificación de los mismos en su punto de generación. Ahora bien, si se pretende diseñar un sistema de gestión de residuos patógenos sustentable en el tiempo, se debe contar entre otras cosas con el consenso del personal que interviene en las diferentes etapas del mismo.

Conforme a las consideraciones anteriores, a fin de conocer la perspectiva de los agentes de las unidades generadoras de residuos, se realizan entrevistas estructuradas mediante un instrumento diseñado para indagar acerca de la forma en que cada uno agruparía los diferentes residuos conforme su propio juicio y experiencia.

Esta tarea se apoya en que las estructuras mentales de los individuos presentan un ordenamiento jerárquico de manera que cada grupo está incluido en otro de orden superior (Saez Martínez, 2003) y, a su vez, aglutina a varios de orden inferior (Rosch, 1978; Anderson,

1985). Las teorías de clasificación se centran en las categorías y en las relaciones jerárquicas entre conceptos.

En la construcción del instrumento se utiliza un listado exhaustivo de residuos patógenos generados en la UNC, producto de un relevamiento preliminar. Un modelo de la planilla utilizada se muestra en la Tabla 2

Tabla 2. Instrumento utilizado para clasificación de residuos

Entrevistado:

Descripción residuo	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo ...
Gasas con sangre y otras				
Tubulaciones con secreciones				
Guantes				
Papeles con sangre (envolturas)				
Bolsas de polietileno (envolturas)				
Bolsas colectoras (orina)				
Sondas vesicales (Pezzer,				
Catéteres				
Perfus				
Apósitos, vendas, malla tubular				
Agujas				
Sobres de suturas utilizadas				
Linós y tanzas				
Drenajes				
Sachets plásticos				
Gorros y barbijos usados (fiselina)				
Botas utilizadas (Polietileno)				
Campanas pleurales				
Descartadores para				
Sangre				
Fluidos				
Bisturíes				
Amputaciones				
Piezas anatómicas				
Piel y grasa				
Medicación citostática				

Mediante este instrumento se realizan entrevistas a 12 personas de diversas jerarquías responsables directamente involucradas en el manejo de residuos pertenecientes a los distintos establecimientos generadores de los mismos.

5. MAPAS COGNITIVOS

Un mapa cognitivo es una técnica de modelación que permite captar ideas, creencias, valores, así como las interrelaciones de una situación problemática, de modo que se facilite su estudio y análisis.

Este instrumento consiste en una red de nodos y flechas como vínculo, donde la dirección de estas flechas implica causalidad (Eden, 2004). Por ello, a estos mapas también suele llamárselos, Mapas Causales.

El procedimiento para la construcción de un mapa cognitivo es el siguiente:

1. Identificar la situación objeto de estudio que se expresa a través de conceptos.
2. Elegir una disposición conveniente de los conceptos –nodos- y enlazar cuando corresponda a los mismos mediante flechas conforme a cada percepción específica o con base en una relación causal lógica. Los nodos intermedios deben leerse como polos o dicho de otro modo, resultados opuestos. Utilizar líneas punteadas para representar incertidumbre en la relación entre conceptos.
3. Asociar a cada enlace causal un signo (+, -) que refleje el sentido de la relación y permita formar circuitos entre los conceptos.
4. Identificar los conceptos neurálgicos entre los circuitos construidos. Un concepto neurálgico es aquel que cuando se aumenta o disminuye su influencia, el circuito modifica su dinámica significativamente.
5. Finalmente con el propósito de reducir la complejidad del mapa es posible agrupar los circuitos en categorías que en su conjunto se relacionan o tienen un significado específico.

El proceso de construcción de mapas cognitivos es muy útil para la estructuración de problemas complejos, posibilita un análisis del problema con una gran cantidad de información difícil de obtener sin el uso de esta herramienta. Además si la construcción la hace un grupo de personas permite un intercambio enriquecedor y la obtención de resultados compartidos.

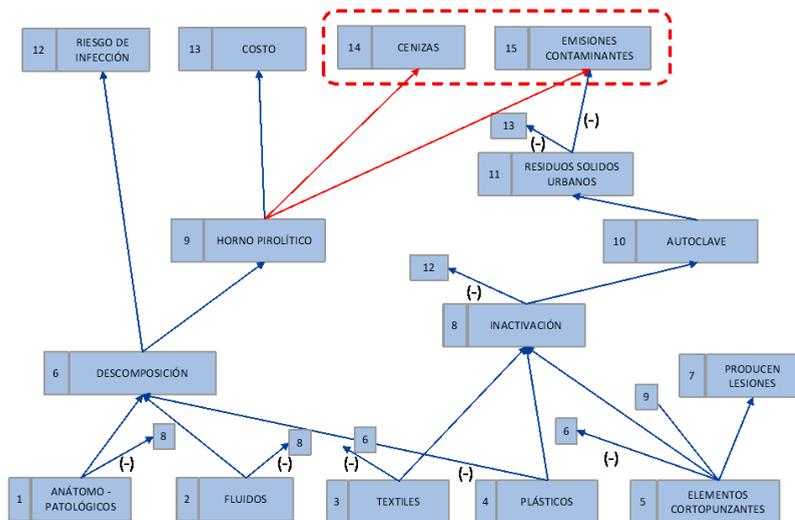
En este trabajo, se utiliza una adaptación de los mapas tipo SODA propuestos por Eden (2004), para ordenar el conocimiento instalado sobre tipos de residuos y su vinculación con efectos, tratamientos y productos.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la Tabla 1 y de la información recopilada en las entrevistas realizadas (Tabla 2) se obtiene una clasificación en tipologías conforme a la situación. Es importante destacar que la clasificación obtenida en cinco tipos de residuos, explicitada en la base de la Figura 1, responde al agrupamiento realizado de manera espontánea e independiente por las personas entrevistadas en las distintas reparticiones.

Para la construcción del mapa cognitivo se utiliza la orientación desde abajo hacia arriba. En la parte inferior, primera línea, se plantean los cinco diferentes tipos de residuos, según la clasificación obtenida. En la región intermedia del diagrama se especifican tanto los posibles tratamientos como riesgos y efectos de la operación y almacenamiento de estos materiales. Finalmente en la parte superior se especifican los productos a obtener, objetivos o criterios de valoración.

Figura 1 – Mapa cognitivo de residuos y sus tratamientos



En la Figura 1, se indican solo los signos negativos, con la intención de descargar la imagen se omiten los signos positivos.

En el mapa cognitivo se conjugan la clasificación que se construyó con base en las entrevistas realizadas con etapas del proceso que tienen que ver con el posible tratamiento de los residuos y su disposición final como así también su efecto contaminante en el ambiente.

De la interpretación de esta herramienta, es posible deducir alternativas de tratamiento. Estas son las siguientes:

- Horno Pirolíticamente exclusivamente
- Combinación de Autoclave con Horno Pirolíticamente
- Autoclave y tratamiento de residuo urbano

Por otra parte, en el diagrama se muestran posibles criterios a utilizar para valorar las alternativas y riesgos que deben ser considerados en operaciones de manejo y tratamiento. Así, se ha logrado un primer ordenamiento de la información en relación a los criterios a considerar y las posibles alternativas de tratamiento que aún requieren un exhaustivo análisis de costos y factibilidad.

A los fines de completar el diseño del sistema de gestión, aún es necesario incorporar el análisis de consideraciones tales como: desagregación en el punto de generación, disposición transitoria (contenedores, cámaras de frío, etc.), existencia de procedimientos escritos, entre otras que requieren información adicional.

7. CONCLUSIONES

La alta complejidad que reviste el tema hace que la correcta caracterización del problema sea un punto de partida indispensable para luego incursionar en la planificación de un sistema de gestión de residuos patógenos para la Universidad Nacional de Córdoba.

No tomar una buena decisión puede poner en riesgo no solo la salud de las personas involucradas en el manejo y también la de terceros sino también de toda la comunidad dada la contaminación ambiental que algunos tratamientos pueden producir. En este punto, cobra relevancia el logro de consensos; para lograrlos, se mostró de qué modo puede recurrirse a la teoría de los constructos personales y utilizar herramientas como la entrevista, apoyándose en la teoría de las clasificaciones y los Mapas Cognitivos. Mediante la primera de ellas, se logró establecer un consenso sobre cuál sería la posible clasificación de los residuos y por ende su desagregación con miras al posterior tratamiento. La segunda permitió vincular los diferentes tipos de residuos con sus características principales y la forma de tratamiento más adecuado con el objetivo de reducir los efectos contaminantes del proceso; también se estableció la conveniencia de cada tratamiento analizado en términos de la contaminación que produce.

Luego de la aplicación de las herramientas mencionadas anteriormente, se logró una primera aproximación al conocimiento de la

situación que permite, por un lado realizar un plan de muestreo con una base realista apoyada en la clasificación generada previamente.

En siguientes etapas del mismo proyecto, se deberá diseñar el sistema de gestión que permita la segregación de los residuos y el estudio en profundidad de las diferentes formas de tratamiento junto con un análisis de factibilidad de los mismos a fin de proponer un Sistema de Gestión de Residuos Patógenos integral y que considere la totalidad del Ciclo de Vida de este tipo de residuos.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, J.R. (1985): "Cognitive Psychology". Nueva York. Foreman.
- Eden, C. (1988). "Cognitive Mapping": European journal of operational research - vol 36- pp.113.
- Eden C., (2004): "Analysing cognitive maps to help structure issues or problems". European Journal of Operational Research Vol 159, No. 3, pp. 673-686
- Fransella, F. (1977): The self and the stereotype. In: New Perspectives in Personal Construct Theory. D. Bannister (ed). London: Academic Press.
- Hunkeler, D.; Saur, K.; Rebitzer, G.; Finkbeiner, M.; Schmidt, W; Jensen, A. A.; Stranddorf, H.; Christiansen, K., (2004): "Life cycle management", setac Press, Pensacola
- Kelly, G. (1955): "The psychology of personal constructs". Volume 1: A Theory of Personality. Volume 2: Clinical Diagnosis and Psychotherapy. New York. Norton.
- Kelly G. (1969): "Man's construction of his alternatives. In: clinical psychology and personality". The selected papers of George Kelly. Ed. Maher, b. New York. Wiley.
- Ley Provincial 8973 (2001): Decreto reglamentario 2149/03. Pcia. Córdoba.
- Organización internacional para la estandarización (1997): Norma ISO 14040. Análisis del ciclo de vida.
- Rebitzer. G.; Hunkeler, D., (2003): "Life cycle costing in lcm: ambitions, opportunities, and limitations - discussing a framework". The international journal of life cycle assessment vol 8 (5): pgs. 253-256.
- Rosch, E. (1978): "Principles of categorization, en rosch y lloyd [ed.]: cognition and categorization", pp. 24-48 new jersey. Erlbaum

- Pruss A., Giroult E. and Rushbrook P. (1999): “Health impacts of health-care waste en safe management of wastes from health-care activities”, Pruss, A., Giroult, E.; Rushbrook, P. Editores, World Health Organization – who, Geneva, 20-30.
- Saez Martinez F.J. (2005): “Las configuraciones cognoscitivas como herramienta de análisis de la estructura sectorial”. Revista europea de dirección y economía de la empresa. Vol 14 nº3 pp. 111 – 134.

SOFT SYSTEMS METHODOLOGY FOR IMPROVEMENTS IN A PROGRAM OF URBAN FOOD HARVEST

PRISCILA RENATA SILVA BARROS

MARÍA ALEJANDRA CASTELLINI

MISCHEL CARMEN NEYRA BELDERRAIN

Keywords: Problem structuring, Soft Systems Methodology, Urban food harvest.

1. INTRODUCTION

The possibility of contributing to improvement of a complex social and real program of urban collection and distribution of food is the main motivation for this work. This improvement focused in minimizes food and nutrition insecurity as well as the food waste.

In order to achieve this goal, the structuring the current context and the implementation of a systematic planning were the main objectives. However, it is expected other contributions such as validation in the Ion Georgiou's (2006) proposal about SSM Methodology on a truly situation and the spread of urban food harvest in order to generate the visibility of humanitarian projects. The basis of this chapter was submitted, evaluated and approved to be presented at the annual event of Group Decision and Negotiation 2012.

The work is presented in sections, the conceptualization of the current situation through problem structuring methodology in operational research is detailed; then the whole stages of Soft Systems Methodology (SSM) is applied; finally the results of this applications are presented as well as the relevant conclusions.

2. CONCEPTUALIZATION

Human decisions occur in the presence of conflicting criteria often difficult to reconcile. So, to help the decision-making processes emerged decision support methodologies, a branch of operations research that is characterized by various analytical methods and principles that will help

the participants in a given situation to select the best paths considered decisions especially in complex environments.

2.1 Problem Structuring Methods

The application of Operations Research traditional methods requires that the real problems are modeled mathematically, indicating a goal, constraints and decision variables. The problem is to determine the decision variables to optimize the goal and satisfy the constraints.

On numerous occasions, this is not the case, since the situations are complex issues to address, either because the interests of stakeholders may conflict which does not allow agreements to achieve the goal, the information gathered may be incomplete, may influence not only aspects of numerical analysis, but also ethical, psychological, social, etc., requiring a multidisciplinary approach. To address these situations have arisen in the last 40 years, the problem structuring methods (PSM).

They are characterized by: Incorporate conceptual models that consider subjective aspects; Promote the active participation of all involved; and, encourage their creativity. It can be defined as a systemic intervention (Midgley, 2000).

The three problem structuring methods (PSM), commonly known are: SCA Strategic Choice Approach (John Friend *apud* Rosenhead, 1989), SODA Strategic Options Development and Analysis (Fran Ackerman & Colin Eden, *apud* Rosenhead, 1989) and SSM Soft Systems Methodology (Peter Checkland *apud* Rosenhead, 1989).

2.2 Soft System Methodology

Soft Systems Methodology (SSM) was developed by Peter Checkland in Lancaster University by the 70s (Rosenhead, 1998). Soft Systems Methodology (SSM) was developed by Peter Checkland in Lancaster University by the 70s. Friend realized that hard OR methods were inadequate for complex problems. It took the methodology of traditional systems engineering (hard), and analyzed its transformation to be able to deal with "humanity" of humans, highlighting the importance of creativity, irrationality, and values. (Rosenhead, 1998)

SSM is a learning system that articulates a process of questions that leads to action. It is a process for management. It assumes that different individuals and groups are autonomous, making different ratings, leading to different actions with which the administrator has to deal with, and reacting facing an ever-changing flow of events and ideas.

The SSM features are:

- Applies to management problems.
- Individuals: assumed to be different, make different assessments, leading to different actions. Perceptions and assessments partially overlap.
- System: the concept of a whole which has properties as an emerging entity. In a dynamically interconnected world, explore how the idea of system can be mobilized to help explain the complex reality.
- Works with the complexity of human activity systems, characterized by being listed in a logical one with a purpose. These references are given in terms of a "private interpretation" of each exhibitor, opening multiple possible descriptions. Each one will be based on explicit assumptions about the world, "world view" (the set of images in our heads, put there from the beginning) taken as given. SSM considers the need to describe any human activity system in relation to a particular image of the world. Likewise every action in the real world can be described by different systems of human activity.
- Process information (questions). SSM learns by comparing pure models of purposeful activity with perceptions of what is happening in a real world problem situation.

SSM provides a class of highly explicit comparisons, based on models of systems used in an organized process, which is itself a learning process.

SSM in essence seeks to:

- Describe everything possible about the problem situation on its history, the commitment of assistance, potential problems, the existing culture, power and politics. Expresses this in the form of rich picture;
- Developing systemic models of human activity in order that explicitly incorporate viewpoints or perspectives relevant to the situation;
- Expressed in terms of logically these root definitions and conceptual models of activity;
- Use the templates as a way of questioning and analyzing the situation to structure a debate between the parties on the changes desirable and feasible;
- Search the agreements between the different perspectives or world views about the changes that could make the situation;

It works best if most of the activity was in fact made by the participants of the situation with the OR practitioner acting as a facilitator. It is they who have the detailed knowledge and, finally, must be committed to act.

The purpose of the comparison, in the latter stages of the method, is to achieve the ability to make useful actions in the problem situation in

question, the actions defined in the comparison phase (versus the perception of the real world model).

Briefly, SSM involves the following steps:

Steps 1 and 2: Discovering the situation, through three analyses:

Analysis 1: Takes intervention in the situation as his subject and identifies the occupants of the functions: customers, who makes the intervention takes place; solving the problem: who leads the study and owners of the problem, who can stop the activity.

Analysis 2: Observe the problematic situation as a social system. What roles are significant, which are expected standards of conduct. It is to give primary care systems as "culture."

Analysis 3: It examines the political situation: how to get, use or preserve relations of power.

Step 3: Formulating roots definitions (RD)

Write the names of the relevant systems, which allow useful activities. RD must be built by considering the elements CATWOE (clients, actors, transformation process, world view, owner and environmental constraints)

Step 4: Building conceptual models

It consists in joining the verbs that describe activities that must be in the RD and structure them according to logical dependencies. They are activities carried out by the Transformation of the RD. The final model is a system, i.e. an entity that can adapt and survive through processes of communication and control in a changing environment. To do this it must be necessary to add a monitoring and control subsystem, which examines the operations and control the actions to change and / or improved them. It tests effectiveness, efficiency and effectiveness. The construction of the model focuses on RD. What it is seen is a coherent and defensible model, rather than "right." It is obtained a number of models of activity systems, some related hierarchically, each built according to a vision of the world declared in the W of the CATWOE.

Step 5: Comparing the models and reality.

It offers four ways: a) recording the difference b) greater detail, c) operate the system on paper, d) build the model. This step provides the structure and content of a debate organized on how to improve a situation considered problematic.

Step 6: Setting changes

It makes a debate on the possible exchange that for participants, bring potential improvements. These movements have to consider two aspects: being systematically desirable and culturally feasible.

Step 7: Taking actions

When it is identified some transformations accepted as desirable and the cycle is completed with the implementation of these changes, which alter the initial perception, creating a new cycle. It is a management approach with a broad point of view.

The method makes use of systems with significant activities in a combination that is directed not only to facts and logic of a situation, but also the myths and meanings of people associate with the situation and realizes it.

2.3 A New Configuration of Soft Systems Methodology

To perform this research was chosen a new configuration of Soft Systems Methodology developed by Ion Georgiou. The author of this one defines "managerial effectiveness" as the ability to answer three questions:

1) How is it possible to extract information from a problematic situation with little knowledge?

2) How can this information be structured in a way that allows a rigorous definition of the problem? And,

3) How this definition can be used to offer a systemic approach to the resolution?

He presents a configuration that allows answering these three questions.

To answer the first question: the production of knowledge, proposes an analysis by three diagrammatic analysis, one focusing on the actors, the two focused on socio-cultural dynamics and three focusing on power dynamics. May be made a rich figure, obtaining as a product a database of organized knowledge. This associated with steps 1 and 2 of the SSM.

To answer the second question: the application of knowledge, he proposes analyses the transformations with the rules of SSM, its contextualization by CATWOE and planned by root definition (Checkland apud Rosenhead, 1989). It is obtained a database of application which is associated with steps 3 and 4 of SSM.

To answer the third question: the planning system, he proposes the control criteria in the planning of individual and integrated systems, using the tools of an individual human activity system and super system respectively, to assess effectiveness, efficiency, effectiveness, ethics and elegance. It is obtained as a product a database of systems and is associated with steps 5, 6 and 7 of SSM.

The proposal is a systemic planning (Midgley, 2000) through a systematic process that allows planning in the short, medium and long term and can serve for modelling dynamic systems.

3. APPLICATION OF THE METHODOLOGY

In this paper we used the configured version of Soft Systems Methodology, Georgiou (2008).

This methodology is intended to achieve three key objectives for the decision maker, to produce knowledge about the context of a problematic situation, to call this application of phase one, use this knowledge to the problem definition, phase two, and plan to systematically action, phase three.

This procedure was used in a real case study in a single unit of a mixed organization that develops, together with similar units in 350 cities met in Brazil, one of the largest programs of sampling and urban distribution of unprocessed foods, in our country. To this end, collects food donors (3,253 partner companies), sorts them and then distributes in social institutions (entities assisted 5399), 18,623,474 kg of food distributed benefiting 1,518,060 people just in the first half of 2011 (SESC, 2011). Thus fosters the social commitment of donors and educational commitment of social institutions.

To understand the operation of the program, was interviewed the coordinator of this unit, initially.

To achieve the first goal, the production of knowledge, Analysis I, Analysis II and Analysis III are used, which can be generated from the production of a rich picture.

In the first interview, was made use of the rich figure to illustrate the current situation, i.e., the authors of this article, the role of facilitators of the process, questioned the program coordinator of a food crop to explain through speaking and writing, which the daily operation, the logistics of a food crop of the relationship, the process of conquest of donors, and the selection of institutions to be met.

This first meeting may take place the first two analyses. In Analysis I, it was identified the actors, that is, everyone involved in the situation, individuals and entities. In the Analysis II, it was identified the socio-cultural dynamics of the problematic context.

After the interpretation of the interview, and compiling the data, the facilitators required a new meeting, where initially took to validate the Analysis I and II, to verify that all the actors and socio-cultural dynamics were listed correctly in this new intervention of the problem, included some missing elements, few, which shows that the figure was rich and informative and helpful understanding of the context.

In this second interview, proceeded to the list of power relations, it was observed that the separation in a new interview helped the process, because the actors defined and listed the issue of power of each

relationship was more punctual, making the process clearer fast and the final stage, a fact that helps to save the time of the interview, because as it is a multi-phase approach is of great value does not exhaust him so that he intends to continue the process until the end of all the proposed methodology.

For Phase 2, the application of knowledge, we have three steps.

The Stage I of Phase 2 is to identify the desired transformations, which are what is needed to change the situation that has to a new you want. These transformations were obtained by the knowledge acquired in Phase 1, and validated with the interviewee.

To identify these transformations using the four rules it is spoken by Checkland (1989), they are: consider only one input and one output, the entry must be present in the output but changed; an intangible or abstract input must result in an output intangible or abstract, a concrete or tangible input must result in a tangible or concrete output.

Stage II, Phase 2 aims to contextualize the transformations, for that makes use of the mnemonic CATWOE, where for each desired transformation, it makes the description of the Customers, who benefits and who loses from this transformation, Actors, who will that this transformation happen, Transformation, the transformation itself; Weltanschauung, which justifies this transformation; Owner (s), who can stop this transformation; Environmental restriction (s), which restrictions are immediately connected to this restriction.

In Stage III, Phase 2, the transformations will be made from the root definitions, which are the basis for continuing with the Phase 3.

As a way of describing the elements of CATWOE for a full understanding, this should be stated in the form of a logical statement, as well known as structured setting root.

Phase 3 will conclude the work in the end we will have a systematic planning of actions to improve the situation existing in the general program of urban food crop studied.

In this last phase the main concern is planning for the future, involves the use of knowledge acquired in two phases to make a better future. If this improvement is small or short-term view is more likely to be fully planned and executed later than normal in the medium and long term.

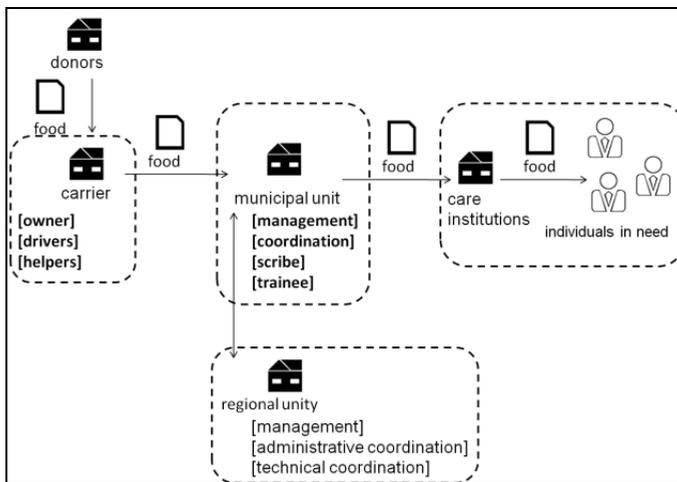
The procedure for carrying out this phase is: For each transformation must be listed the activities necessary to accomplish it, then it should bind the activities conceptually, then it is stipulated criteria of control. This is called a conceptual model or system of human activity.

While there, the relationship between the transformations, it can establish a connection between them, thus creating a larger system (the super system) and to provide control criteria for this larger system. This super system is the plan of action.

4. RESULTS

The results of application described are shown in this section. Rich picture, targeted by the program coordinator of urban food harvest studied is displayed (Fig. 1).

Fig. 1. Rich picture.



The data generated by the analysis I, can be seen:

Table 1. Analysis I, identification of the actors involved in the situation

People	Institutions
Coordinator / Nutritionist (helper nutritionist and trainee)	Harvest Program
Drivers and driver helpers	Donors (supermarkets, street markets, restaurants, industries, bakeries, grocery stores, coffee shops, rural cooperatives)
People with nutritional needs	Recipient institutions (social institutions caring for children, elderly, drug addicts, pregnant women, adults)
	Regional unit
	Local unit
	Federal government

Analysis II, identification of the dynamics of the socio-cultural context of the problematic situation:

- Model urban harvest;
- Hierarchical structure of power;
- Centralized Organization;
- Activities dependent on the schedules of donors and recipients;
- Legal responsibility on the quality of food;
- Positive image for the realization of social activity;
- Promotion of nutrition education;
- Prioritization of beneficiaries of the majority needed.

The data obtained from Analysis III, can be checked below:

Table 2. Analysis III, identification of power dynamics in the context of the problem situation.

Who?	What power?
Coordinator / Nutritionist (helper nutritionist and trainee)	Dependent on the structure SESC Execution of the contract of carriage Definition of the daily activities of drivers Promoter relationship with donors Promoter of the related institutions Responsibility for the registration of charities to deliver Power of choice for prioritizing needs Training for food handlers Responsibility for quality control of food Administrative management Defender of the importance
Drivers and driver's helpers	Subordinate to the transportation company Dependent on the orientation of the program coordinator Compliance with local traffic rules Responsible for continuous temperature control of the truck Responsible for compliance with quality characteristics for acceptance of food collection Direct relationship with donors Transfer and handling of food Direct relation to delivery for charities Inform possible waste or bad uses
Relief	Dependent on the promotion of charities Main beneficiaries of the program
Harvest Program	Enables the operation of the process of urban harvest Promotes the reduction of hunger in the country Reduce hidden hunger through the possibility of missing nutrient intake Sets an example to other projects of its kind

Donors	Deliver food to the program It valued its social image Security transparency of the work Participate in the sensitization
Recipient institutions	Receive food program (demand) Provide food assistance and care to people in social vulnerability Participate in educational activities
Local unit	It provides structure for the operation of the program Collect monetary resources Report progress and experience local
Regional unit	Report overall progress and experience Choose the model to be developed
Federal government	Develop laws of transport and food handling Liability laws stipulates the donation Encourages programs to combat hunger

In stage 1, Phase 2, the SSM approach, we identified the following transformations.

Table 3. Identification of the transformations.

Undesirable state		Desired state
Routing performed monthly by the nutritionist	T1	Facilitating the routing
Waiting list	T2	Expansion of service
Lack of resources	T3	Expansion of resource gathering
Legal impediment to receive processed foods	T4	Legal incentive for donations
Insufficient third-party vehicles	T5	Reverse bureaucracy to have another vehicle
Lack of community involvement	T6	Mobilization and awareness
Concentration of work to the nutritionist	T7	Increased team to division of labor

They were then filled the 'CATWOE' of each transformation, and found the root definitions:

In the following table, are filled in the CATWOE of each transformation, and the definitions derived from the root definition of each:

Table 4. Characterization of the transformations.

Transformation	CATWOE	Root definition
T1	<p>C Customer (s): Nutritionist, drivers, donors and recipient institutions A Actor (s): A consulting contract T Transformation: 'Routing performed monthly by the nutritionist' to 'Facilitating the routing' W Weltanschauung: Speed of execution of tasks, better use of truck capacity and time O Owner (s): Harvest Program E Environment: Monetary resources controlled</p>	<p>A consulting contract-operated system that defines and maintains a facilitating routing to meet the nutritionist, drivers, corporate donors and recipient institutions in accordance with the expectations of the harvest program, in order to ensure speed of execution of tasks, better use of capacity truck and schedules in an environment of controlled monetary resources.</p>
T2	<p>C Customer (s): People needing food in the region A Actor (s): Harvest program T Transformation: 'Waiting list' to 'Expansion of service' W Weltanschauung: Extensive number of people with food deficit O Owner (s): Local unit E Environment: Lack of prioritization of social programs, lack of interest.</p>	<p>A harvest program-operated system that defines and maintains an expansion of service to meet the people needing food in the region in accordance with the expectations of the local unit, in order to ensure extensive number of people with food deficit in an environment of lack of prioritization of social programs, lack of interest.</p>
T3	<p>C Customer (s): Charities, people needing food A Actor (s): Network of donors, nutritionist T Transformation: 'Lack of resources' to 'Expansion of resource gathering' W Weltanschauung: Network of donors can be increased by increasing the dissemination and collection capacity O Owner (s): Harvest Network E Environment: Low collection capacity, low coverage of the disclosure of the program and benefits generated</p>	<p>A network of donors and nutritionist operated system that defines and maintains a expansion of resource gathering to meet the charities and people needing food in accordance with the expectations of the harvest network, in order to ensure network of donors can be increased by increasing the dissemination and collection capacity in an environment of low collection capacity, low coverage of the disclosure of the program and benefits generated.</p>
T4	<p>C Customer (s): Donors, recipients</p>	<p>A popular initiative operated</p>

	<p>and harvest program</p> <p>A Actor (s): Popular initiative</p> <p>T Transformation: 'Legal impediment to receive processed foods' to 'Legal incentive for donations'</p> <p>W Weltanschauung: Extension of tax deductions by donors</p> <p>O Owner (s): Federal government</p> <p>E Environment: Current Legislation rigid, disinterest</p>	<p>system that defines and maintains a legal incentive for donations to meet the donors, recipients and harvest program in accordance with the expectations of the federal government, in order to ensure extension of tax deductions by donors in an environment of current legislation rigid, disinterest.</p>
T5	<p>C Customer (s): Harvest program</p> <p>A Actor (s): Local unit</p> <p>T Transformation: 'Insufficient third-party vehicles' to 'Reverse bureaucracy to have another vehicle'</p> <p>W Weltanschauung: Power to control the transport</p> <p>O Owner (s): Local unit</p> <p>E Environment: Budget control, parking, maintenance</p>	<p>A local unit-operated system that defines and maintains a reverse bureaucracy to have another vehicle to meet the harvest program in accordance with the expectations of the local unit, in order to ensure power to control the transport in an environment of budget control, parking and maintenance.</p>
T6	<p>C Customer (s): Society in general, program</p> <p>A Actor (s): Marketing of the program</p> <p>T Transformation: 'Lack of community involvement' to 'Mobilization and awareness'</p> <p>W Weltanschauung: Involve more people</p> <p>O Owner (s): Local unit</p> <p>E Environment: Social conscience and humanitarian responsibility</p>	<p>A marketing of the harvest food program operated system that defines and maintains a mobilization and awareness to meet the society in general and the program in accordance with the expectations of the local unit, in order to ensure involve more people in an environment of social conscience and humanitarian responsibility.</p>
T7	<p>C Customer (s): Harvest program</p> <p>A Actor (s): Local unit</p> <p>T Transformation: 'Concentration of work to the nutritionist' to 'Increased team to division of labour'</p> <p>W Weltanschauung: Division of labour, much work focused on a single person, limited expandability</p> <p>O Owner (s): Local unit</p> <p>E Environment: Budget control, vision</p>	<p>A local unit-operated system that defines and maintains an increased team to division of labour to meet the harvest program in accordance with the expectations of the Local unit, in order to ensure division of labour, much work focused on a single person, limited expandability in an environment of budget control, vision.</p> <p>Following the work for the last</p>

		stage, the corresponding actions were listed for the execution of each transformation.
--	--	--

Following the work for the last stage, the corresponding actions were listed for the execution of each transformation.

Table 5. Action listed to be developed.

Transformation	Actions
T1	Review records of donors and recipients Provide criteria for prioritizing and scheduling windows To quote software routing Hiring an expert for making routing software program-specific Make use of training software Adopting new software
T2	Catalog institutions on the waiting list Check prioritization criteria Mobilize action to expand the collection of donations Run a better distribution of food obtained
T3	List sources of funds to provide increased resources Discover how to get access to responsible Studying processes of bureaucracy needs to stipulate Educate leaders and potential funders about the importance of investment Quote values of resources Distribute proceeds
T4	Studying the current legislation on food donation Find studies already existing and possible proposals on this subject Study feasibility of these proposals Propose a solution Exposing to the bodies responsible
T5	Make an economic comparison between the current system and a system of own fleet See what the bureaucracies involved in the request for new trucks Using a routing software for planning the number of trucks on the basis of collective capacity, capacity of the truck routes and shifts Make the budget Propose purchase
T6	Studying how to reach people See where the availability of agents and prosecutors in the

	unit out Partnering in action Donors to promote social responsibility as agents (e.g., seal, reusable bags) Promote education and awareness actions
T7	Study the need for staff Doing the work schedule Divide tasks Provide necessary qualification See resources for hiring Hire Train

And finally the product obtained by applying the methodology was the production of seven systemic planning of human activity, each corresponding to a transformation, by way of illustration is in the appendix attached to the design obtained one of the seven transformations, which can be seen all information obtained and that can help the implementation process of transformation, i.e., the root definition, the CATWOE, the list of actions and their control measures and monitoring.

5. CONCLUSIONS

The work performed was of great value for testing the methodology in a real application and usefulness to society. Showing it ideal for the development of knowledge gained and systems planning implementation expected. Validating the choice of method to a complementary work, the application being performed with the group involved in urban food crop. Action research provided a real experience, where they could live with the real difficulties of applying the methodology, especially as regards the various steps and stages proposed.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank to CAPES for the financial support. Thanks to Professor Ion Georgiou and the nutritionist Andrea Vanzan / Mesa Brasil SESC.

REFERENCES

- Checkland, P., (1989): *Soft systems methodology*, published in: Rosenhead J (ed.) *Rational analysis for a problematic world problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict*. Wiley, Chichester, pp 71–100.

- Eden, C (1989) *Soft systems methodology*, published in: Rosenhead J (ed.) *Rational analysis for a problematic world problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict*. Wiley, Chichester pp 21–42.
- Friend, J., (1989). *Soft systems methodology*, published in: Rosenhead J (ed.) *Rational analysis for a problematic world problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict*. Wiley, Chichester, pp 121–158.
- Georgiou, I., (2006). *Managerial Effectiveness from a System Theoretical Point of View*. *Systemic Practice and Action Research* 19:441–459. doi: 10.1007/s11213-006-9035-3
- Georgiou, I., (2008) *Making decisions in the absence of clear facts*. *European Journal of Operational Research* 185, 299–321. doi:10.1016/j.ejor.2006.12.038
- Midgley, G., (2000) *Systemic Intervention Philosophy, Methodology, and Practice*. Kluwer Academic/Plenum Publishers. SESC, 2011. Results. <http://www.sesc.com.br/mesabrasil/resultados.html> (last accessed on 15 December 2011)

Appendix



C Customer (s): Nutritionist, drivers, donors and recipient institutions
A Actor (s): A consulting contract
T Transformation: 'Routing performed monthly by the nutritionist' to 'Facilitating the routing'
W Weltanschauung: Speed of execution of tasks, better use of truck capacity and time
O Owner (s): Harvest Program
E Environment: Monetary resources controlled

Efficacy: Quality of service is increased, it avoids waste, capacity is better used in other words, more social institutions can be met.
Efficiency: Human resources, time and truck capacity are optimally allocated
Effectiveness: Making the screenplay brings a speed in collections and deliveries and better use of resources
Ethics: The moral routing is something to be done
Elegance: A better organization

Root definition T1: A consulting contract-operated system that defines and maintains a facilitating routing to meet the nutritionist, drivers, corporate donors and recipient institutions in accordance with the expectations of the harvest program, in order to ensure speed of execution of tasks, better use of capacity truck and schedules in an environment of controlled monetary resources.

ESTRUCTURACIÓN DE PROBLEMAS CON INVESTIGACIÓN OPERATIVA SOFT SELECCIÓN DE PERSONAL OUTSOURCING PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS DE SOFTWARE

GABRIELA P. CABRERA

ALICIA G. SALAMON

LAURA L. BOAGLIO

JOSÉ M. CONFORTE

BEATRIZ PEDROTTI

Palabras Claves: Estructuración de problemas, Soft System Methodology, Repertory Grid

1. INTRODUCCIÓN

El desenvolvimiento de las actuales organizaciones está condicionado por factores externos e internos, donde a menudo es necesario confrontar situaciones problemáticas complejas, en las que resulta imprescindible tomar decisiones para lograr determinados objetivos. Estas situaciones están generalmente relacionadas con la introducción de nuevas tecnologías, el rediseño de la organización, el desarrollo de nuevas estrategias, la formulación de visiones diferentes o la solución de problemas en general (Valqui Vidal, 2010).

En ese contexto, es conveniente recurrir a la utilización combinada de métodos (metodologías múltiples), pertenecientes a la Investigación Operativa Soft. Esta disciplina promueve la estructuración de problemas a través de información cualitativa, entrevistas, diálogo sistémico y holístico, talleres, escenarios, métodos estratégicos, mapas cognitivos y métodos sistémicos, a la vez que favorece la participación y la facilitación de procesos grupales. (Valqui Vidal, 2010).

La estructuración de problemas constituye un proceso de aprendizaje iterativo que procura construir una representación formal, en la cual se integran componentes objetivos del problema y aspectos subjetivos de los actores, de forma que el sistema de valores quede explícito (Eden, 1988). Los métodos para estructurar problemas (PSM) se enfocan en la representación de una situación problema que permita

a los participantes entender mejor el mismo y converger a acuerdos de solución al menos parcialmente (Mingers y Rosenhead, 2004)

Como ejemplo de este tipo de situaciones, en el presente capítulo se estudia un problema de gestión de personal en una empresa que se dedica al “outsourcing” de servicios de informática. Esto es, la organización analizada ofrece personal especializado a empresas que necesitan realizar desarrollos informáticos.

Cabe destacar que este tipo de prácticas involucra una relación compleja entre cliente y proveedor, en la que ambos asumen responsabilidades tales como la transferencia de conocimientos, activos e información, así como también el cumplimiento de normas, procedimientos y contratos. Entre las características de estas empresas se encuentran las siguientes: descentralización geográfica, flexibilidad, actualización permanente de TICs., conformación de equipos de trabajo con alta variabilidad dentro del grupo y entre los grupos, necesaria gestión de los grupos a través de líderes, sistemas de comunicación intra-organización y empresa-cliente sofisticados en términos de su gestión. Estas condiciones generan una variabilidad significativa en los comportamientos de los empleados.

Otra cuestión de alta variabilidad es la variedad de demandas que plantean las empresas-clientes, con requerimientos que exigen desde actividades rutinarias, hasta las que suponen una alta performance en cuanto a complejidad y creatividad. Por ese motivo es necesario seleccionar personas idóneas en el cumplimiento de un determinado rol, que además resulten confiables en el sentido de que la posibilidad de concluir exitosamente el proyecto a desarrollar sea grande.

Este último requisito obliga a las organizaciones que proveen servicios de outsourcing a contar con personas muy comprometidas con las estrategias y valores de la empresa. En el caso estudiado, los Socios Gerentes expresan como parte de la problemática: *“la necesidad de promover en sus recursos humanos (recursos), un sentido de pertenencia que consecuentemente implique la fidelización de los mismos”*.

Explorar y esclarecer la situación compleja descrita en los párrafos anteriores y proponer transformaciones factibles de las situaciones conflictivas encontradas se constituye en el objetivo del presente trabajo. En particular, para la experiencia que se describe en el presente trabajo, se implementan la Soft System Methodology (SSM), conforme a la propuesta de Georgiou (2006) y la técnica denominada Repertory Grid, desarrollada por Kelly (1955).

Por otra parte, corresponde precisar que los aspectos relevantes de este capítulo han sido presentados en el congreso anual de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa, realizado durante el año 2012 en Buenos Aires. En esa oportunidad fue sometido a referato y aceptado por la comisión científica del evento.

Respecto a la estructura de presentación de este trabajo, en primera instancia y a modo de marco teórico se hace referencia a los recursos metodológicos utilizados durante la experiencia. Se realiza una breve descripción de las dos metodologías de la Investigación Operativa Soft implementadas: *Soft System Methodology (SSM)* y *la técnica Repertory Grid*. A continuación se describe la experiencia propiamente dicha en la organización outsourcing y se presentan algunas conclusiones sobre la experiencia realizada que delimitan el alcance del trabajo.

2. DESARROLLO

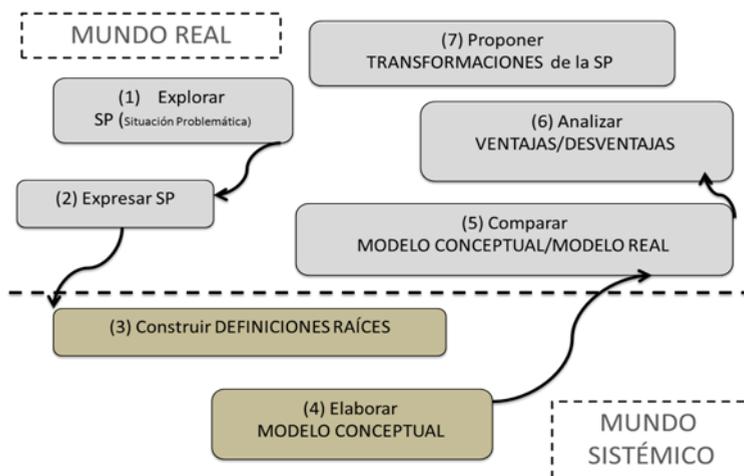
2.1. Descripción del SSM reconfigurada

La Soft System Metodology (SSM), creada y fundamentada por Checkland (1981 y 2000), se trata en términos de Valqui Vidal (2003), de una metodología que permite analizar y resolver situaciones problemáticas donde el desorden es imperante. La SSM valorala visión que cada persona tiene de la situación problemática. Sostiene que es necesario reconocer las opiniones de los otros, comparar y encontrar estrategias comunes para resolver la situación en cuestión, de manera que esa visión individual pueda reorientarse a través de un proceso de aprendizaje constructivo.

Esencialmente, el enfoque SSM busca construir un modelo conceptual que represente el medio ambiente idealizado que dará marco a la resolución y/o mejora de la situación problemática. A partir de este marco se generan debates constructivos con el fin de reconocer y explicitar los cambios que son susceptibles de ser implementados en la situación real correspondiente.

Rosenhead (1998) resumeel desarrollo de esta metodología en un esquema (Figura 1), en el que se muestran las siete etapas constitutivas del método y la relación entre las mismas (Silva Barros, Castellini y Belderrain, 2012).

Figura 1. Esquema de las siete etapas del SSM



Por su parte, Georgiou (2006) propone una “SSM reconfigurada”, que sigue los principales postulados de Checkland (1983, 1985, 1999, 2000, 2001), pero introduce algunos cambios respecto de la manera de implementar las siete etapas mencionadas. Según Georgiou esta metodología permite “conseguir información para estructurar, definir de modo riguroso y construir un plan de acciones-en el marco de un enfoque sistémico-en favor de la solución de la situación planteada”.

Para la SSM las etapas 1 y 2 citadas por Rosenhead (1998) quedan plasmadas a través de las *Imágenes Ricas* y los *Análisis 1, 2 y 3*. Las imágenes ricas constituyen una de las herramientas más citadas por Checkland (1999, 2000), posibilitan la extracción de información significativa de los involucrados en la situación problema. A través de estas imágenes se pone a los involucrados cara a cara con la situación descripta.

Los análisis 1, 2 y 3 se refieren respectivamente a la identificación de roles (involucrados en la situación), la identificación y caracterización de las dinámicas socio-culturales y de las relaciones de poder del contexto del problema. Estos tres análisis son ejercicios de descripción necesarios para la explicación y resolución consecuente de la situación problema. Para la SSM reconfigurada esta es la *fase 1*, orientada a producir conocimiento sobre el contexto de la situación problemática, según lo expresan Silva Barros, Castellini y Belderrain (2012),

La esencia de la resolución de la situación problemática viene dada por la producción de un grupo de transformaciones, en las cuales queda explícita la situación conflictiva y una manera de resolverla. Para expresar dichas transformaciones y el contexto en el que se dan, Smyth (1976) y Checkland (1976, 1999) desarrollan el **CATWOE** (**C**: Cliente, ¿quién es el beneficiario de la transformación? – **A**: Actor, ¿quién realizará la transformación? – **T**: Proceso de transformación que cambia alguna entrada definida en una salida definida – **W**: Razones que justifican la transformación – **O**: Quiénes podrían interrumpir o limitar la transformación – **E**: Restricciones del ambiente que podrían interrumpir, limitar o complicar la transformación).

Esta herramienta posibilita de manera simple y gráfica, explicitar la transformación que se propone, quiénes estarían involucrados en la misma (Análisis 1 y 3), por qué se hace necesaria (Análisis 2) y cuáles podrían ser las restricciones (Análisis 2) que deben tenerse en cuenta para la planificación del conjunto de acciones intervinientes en su concreción.

Estas transformaciones deben ser clasificadas y contextualizadas en una planificación realista que instrumente su materialización. Cada una se transcribe en una frase que actúa como una declaración destinada a orientar la planificación sistémica de dicha transformación y la planificación global de todas en su conjunto. Lo descrito respecto de las transformaciones, el CATWOE y las correspondientes definiciones raíces conforman la fase 2 de la SSM reconfigurada.

La fase 3 hace referencia a una planificación sistemática del conjunto de acciones tendientes a solucionar y/o mejorar la situación problemática planteada. En esta fase, como lo señalan Silva Barros, Castellini y Belderrain (2012), la preocupación se encuentra centrada en la planificación para el futuro, implica el uso de los conocimientos adquiridos en las dos fases anteriores para un futuro mejor. La manera de concreción de la última fase consiste en enumerar las actividades necesarias para lograr cada una de las transformaciones propuestas y estipularlos criterios de control para las mismas.

2.2. Descripción de la Repertory Grid

La Técnica de la Rejilla o Repertory Grid, se origina en la Teoría de los Constructos Personales (TCP) de Kelly (1955). La misma sostiene que las personas construyen su mundo individual conforme a la interpretación personal que hacen del mundo exterior, este postulado sustenta once corolarios que conforman la TCP. Kelly entiende que el sistema de construcción de una persona está compuesto por un número

finito de constructos dicotómicos, denominados constructos bipolares. Los constructos personales, concebidos en términos de bipolaridad, se entienden como referenciales que utilizan las personas para conducir su accionar.

RepertoryGrid resulta un instrumento muy flexible que si bien ha tenido en el pasado su aplicación principal en el ámbito de la psicología, actualmente se utiliza en los contextos más variados. Desde la década del 80 comienza a ser instrumentada en el ámbito de las aplicaciones de negocios: Stewart Stewart (1981) en las investigaciones de mercado, control de calidad y entrenamiento de dirección, Eden y Jones (1984) en los problemas de construcción en Investigación Operativa, entre otros. Con el paso del tiempo su implementación se ha extendido a numerosos campos entre los que se encuentran la educación, la formación, la orientación profesional (Rivas (1988; 1995), Martínez Sánchez (2005), Padilla (2010), Zanazzi y otros (2011)), el turismo, el marketing y la gestión empresarial (Lemke, Clark y Wilson (2010)).

Aunque existen diferentes maneras de explorar los sistemas de *constructos* de una persona, en este contexto se utiliza la denominada rejilla de puntuaciones según Padilla (2010) (en adelante RP). RP es esencialmente una matriz de datos, es decir una tabla de doble entrada. En cada columna de la tabla se disponen los denominados *elementos*, éstos son entes físicos o abstractos que deben ser aptos de ser conceptualizadas mediante los *constructos* pertinentes. En cada fila se disponen los *constructos* bipolares relevantes para los *elementos*, es decir que puedan operar como criterios de evaluación para los mismos. Se ubican los *constructos* emergentes (positivos) a la derecha de cada fila y los *constructos* opuestos (negativos) a la izquierda. En cada celda de la matriz es posible valorar los elementos según se acerquen a un polo u otro del *constructo* correspondiente.

Para aplicar RP se desarrolla un proceso que puede considerarse compuesto por cuatro etapas, las tres primeras se realizan en el marco de una entrevista o de manera conjunta con las personas que deben tomar decisiones. Estas etapas son las siguientes:

- 1) *Selección y explicitación de los elementos*: Estos deben ser representativos de lo que está sujeto a análisis, ser homogéneos (lo más precisos posibles). Conforme al contexto pueden ser eventos, individuos, tareas, actividades profesionales u objetos de cualquier naturaleza que son considerados para ser evaluados.
- 2) *Selección y definición de los constructos personales*: Estos deben representar las maneras por las cuales los elementos

deben ser juzgados. Es esencialmente la etapa de *elicitación del conocimiento*. Existen diversos procedimientos de elicitación de constructos que permiten al orientador obtener, a partir de la persona, los atributos y características que este aplica en el contexto del problema. Los métodos más difundidos para ejecutar este paso son:

- i) *Método de Contexto Mínimo*: Básicamente, según Eden y Jones (1984), la idea es expresar los constructos a través de dos polos, un polo emergente (polo positivo) y un polo opuesto (polo negativo). En el procedimiento clásico, llamado *la triada* de Kelly, el evaluador presenta al sujeto tres elementos y pide que describa una característica común a dos de ellos y que a su vez los diferencia del tercero. El aspecto en el que concuerdan los elementos se llamó polo del constructo, polo de semejanza o polo emergente y lo que los diferencia del tercero, polo de contraste u opuesto. Otro de los procedimientos, que puede ser utilizado y que resulta de aplicación más sencilla, es la *diada* propuesta por primera vez por Eptin, Suchman y Nickeson (1971) según Padilla (2010) en base a lo expresado por Botella y Feixas (1998). Por su parte, Eden y Jones (1984) entiende a dicho procedimiento como una mejora de la versión original de la RepertoryGrid. La diada constituye en un procedimiento más simple en el que la discriminación del constructo sólo afecta a pares de elementos. En términos prácticos este procedimiento consiste en preguntar al sujeto por la característica, criterio (constructo) que comparten el par de elementos en cuestión para luego solicitar que se expliciten lo contrario de dicha característica. Para los casos en que el entrevistado no pueda articular un número significativo de elementos, StewardSteward (1981) por su parte, sugieren que el orientador provea dichos constructos (constructos suplidos) o realice una entrevista-diálogo con preguntas específicas cuyas respuestas deriven en los elementos.
- ii) *Método de Contexto Full*: En este método se presentan todos los elementos como un grupo. Se solicita al entrevistado que piense en características importantes en las cuales los elementos sean semejantes y al mismo tiempo, diferentes unos de otros, con respecto al problema bajo análisis.

- 3) *Representación de los datos*: Una vez conformada la RP, con los elementos y constructos elicitados, es posible utilizar una escala para consignar valoraciones a cada elemento, conforme a cada constructor bipolar. En este tipo de rejillas se valoran los elementos según se acerquen al polo emergente o al opuesto. Para Ortega (2007) la puntuación que posibilita la mencionada categorización puede efectuarse a través de diversos tipos de escalas: una escala dicotómica (empleada inicialmente por Kelly), escalas ordinales y escalas de intervalos tipo Likert como las implementadas por Feixas y Cornejo (1996), Easterby-Smith, Torpe y Holman; Fransella, Bell y Banister (2004).
- 4) *Análisis de la información*: En esta instancia se analizan las valoraciones consignadas en la RP. Padilla (2010) señala la existencia de dos tipos de análisis: uno de *contenido* que se aplica a fin de examinar los constructos en tanto dimensiones psicológicas y otro *estadístico* que se centra en el estudio de las relaciones entre constructos.

2.3. Caso de estudio

La empresa en la cual se realiza la experiencia objeto del presente trabajo se dedica a la selección, capacitación, asignación y seguimiento de recursos outsourcing idóneos, que han de acreditar ciertas competencias técnicas y personales; a proyectos informáticos a desarrollar en diferentes Empresas-Clientes.

En el primer contacto del equipo de autores con uno de los Socios y con el Gerente de Desarrollo, se toma conocimiento de la estructura organizacional de la empresa y de la dimensión y alcance de los servicios prestados. En esta instancia, se realiza una primera aproximación a la situación problemática planteada por los entrevistados en relación *al interés de la organización respecto de promover en sus recursos humanos (recursos) un sentido de pertenencia que consecuentemente implique la fidelización de los mismos.*

Luego de este primer contacto, se define una agenda de reuniones y entrevistas. En principio con el objetivo de conocer, por un lado cómo se lleva a cabo el proceso de selección, asignación y seguimiento de los recursos a proyectos y por otro para explicitar los roles más solicitado por las Empresas-Clientes y las competencias implicadas en los mismos.

En una segunda instancia se realizan entrevistas individuales a los Socios de la organización y al Gerente de Desarrollo, encargados de la toma de decisiones. Estas entrevistas se centran en la elicitación de roles y competencias requeridas para un determinado proyecto.

Para conducir dicha licitación se recurre adicionalmente a la literatura especializada sobre competencias laborales. Alles M. (2000) sostiene que las competencias son los comportamientos que permiten obtener resultados. Para Gasalla (2004) las competencias son aquellas características personales, relativamente estables en el tiempo, y directamente relacionadas con la consecución de resultados superiores en una función o actividad. Por otra parte Vilaseca (2006) señala que las competencias engloban las destrezas y otros atributos que permiten un cumplimiento eficaz de determinadas tareas. Levy-Leboyer (1997) ofrece una perspectiva integradora con los constructos psicológicos básicos ya que define las competencias como la aplicación integrada del conjunto de aptitudes, rasgos de personalidad y conocimientos que permiten a una persona llevar a cabo la misión asignada en una determinada organización. De este modo, se supera el carácter intransitivo de la personalidad como propiedad del trabajador, las competencias se presentan con carácter transitivo, explícitamente finalista y utilitario.

En las mencionadas entrevistas se plantea una dinámica de trabajo en la que se presentan a los entrevistados diferentes escenarios que pudieran suceder en el proceso selección, asignación y seguimiento de recursos, algunos de los cuales se enuncian a continuación:

- *Escenario 1:* Llega un pedido de un recurso para un determinado proyecto por parte de la Empresa-Cliente con los requisitos del puesto, perfil solicitado y tiempo previsto. ¿Cómo se procede para responder a este pedido?

- *Escenario 2:* Llega un pedido de un recurso para un determinado proyecto por parte de la Empresa-Cliente con los requisitos del puesto, perfil solicitado y tiempo previsto. Dentro de los recursos disponibles en capacitación o en los otros proyectos no se encuentra el recurso solicitado. ¿Cómo se procede para responder a este pedido?

- *Escenario 3:* Llegan dos pedidos de recursos para proyectos por parte de la Empresa-Cliente con los requisitos del puesto, perfil solicitado y tiempo previsto. Se cuenta con un solo recurso que se considera idóneo para tal puesto, ¿qué decisión se toma?

- *Escenario 4:* Llega un pedido de recurso para un determinado proyecto por parte de la Empresa-Cliente con los requisitos del puesto, perfil solicitado y tiempo previsto. Se tienen cuatro recursos que cumplen con las especificaciones requeridas, ¿cuál de los recursos se asigna a dicho proyecto?, ¿en qué se basa dicha decisión?

Además del planteamiento de los anteriores escenarios se estructura una de las entrevistas con la técnica RepertoryGrid. Se propone a los entrevistados valorar los Roles/Puestos (elementos) más

solicitados en los proyectos a partir de una de serie de competencias (constructos) en términos bipolares. De esta manera se procede a la elicitación de competencias genéricas -en términos de constructos bipolares- que permitan valorar la idoneidad del recurso en un Rol/Puesto. Se trabaja primero individualmente con cada uno de los Socios Gerentes y el Gerente de Desarrollo, luego en grupo se debate sobre una rejilla consenso, la RP1 (Figura 2). En la RP1 obtenida el pequeño grupo de decisores consigna valoraciones consensuadas en cada celda –intersección Puesto/Rol-Competencia-. Esto, mediante una escala de 1 a 10, con un número más próximo a 1 si el Puesto/Rol valorado está más cerca del constructo opuesto y con un número más próximo a 10 en caso de que esté más cerca del constructo emergente (positivo).

De estas entrevistas se obtienen dos imágenes ricas confeccionadas una por el Gerente de Desarrollo a mano alzada (Figura 2) y otra (Figura 4) construida conjuntamente con los facilitados (autores del presente trabajo) y el grupo de entrevistados a partir de la reflexión de RP1 (Figura 2) y de la (Figura 3).

Tanto las imágenes ricas obtenidas como la Rejilla RP1 constituyen el primer indicio de esclarecimiento de la situación problema planteada por la organización outsourcing.

Figura 2. RP1 “Rejilla consenso”

	ANALISTA FUNCIONAL	ANALISTA DE PROCESOS	ANALISTA TESTING	
Poca experiencia laboral	9	7	6	Experiencia laboral elevada
Rutinario	8	6	5	Creativo
Escasa capacidad para la comunicación oral	8	7	5	Alta capacidad para la comunicación oral
Escasa capacidad de iniciativa	9	8	7	Alta capacidad de iniciativa
Baja capacidad de liderazgo	9	7	6	Alta capacidad de liderazgo
Baja confianza en sí mismo	9	8	8	Alta confianza en sí mismo
Poco responsable	9	9	9	Muy responsable

Figura 3. Diagrama realizado por el Socio Gerente a mano alzada

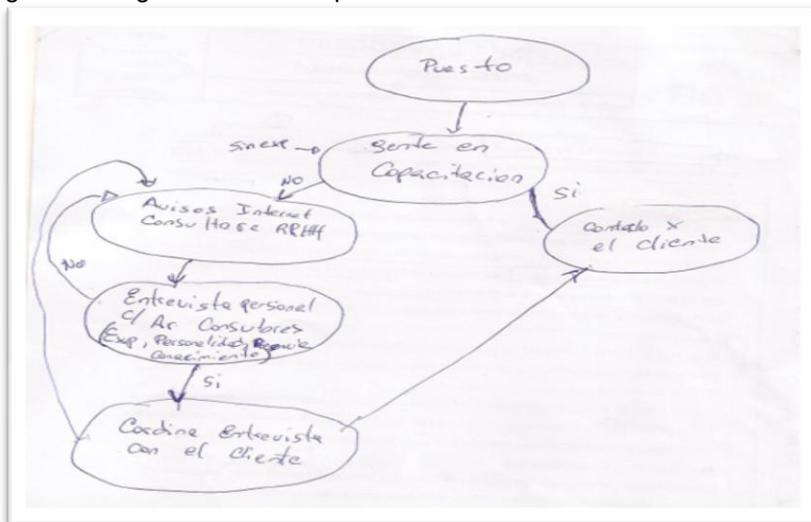
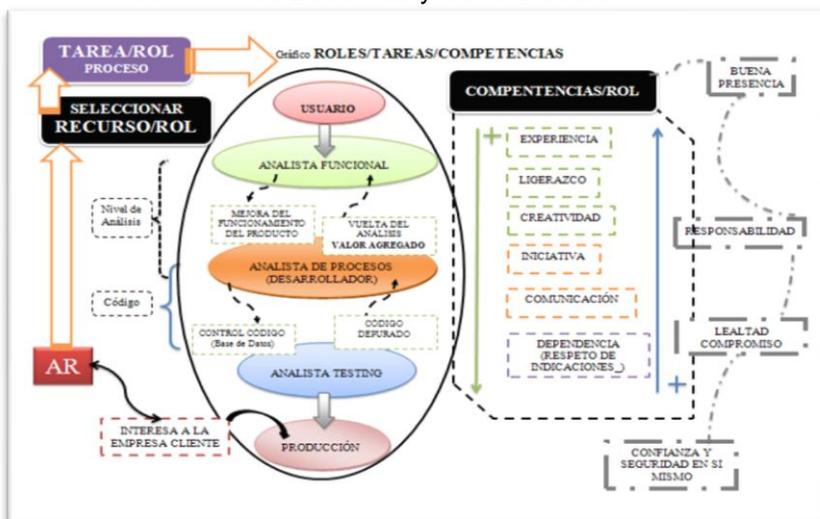


Figura 4. Esquema construido conjuntamente por los Socios Gerentes, el Gerente de Desarrollo y los facilitadores



En base a los lineamientos del SSM reconfigurado y como una manera de continuar con dicho esclarecimiento se realizan los Análisis 1, 2 y 3.

⊙ *Análisis 1* (Referido a la identificación y caracterizan los roles):

- *Clientes*: Son los beneficiarios de las transformaciones que se operen en el sistema para la resolución y/o mejora de la situación problemática planteada. Para el presente caso de estudio, las *empresas-clientes*, los *recursos* y la *escuela de capacitación* perteneciente a la organización outsourcing se reconocen como clientes. En términos de beneficios, la mejora del proceso de selección de los recursos en la organización outsourcing se traducirá en una mejora en la calidad de los productos desarrollados por las empresas-clientes. Por otra parte, al transparentar dicho proceso, *los recursos* se verán beneficiados ya que podrán reorientar sus esfuerzos y mejorar su performance, con el acompañamiento permanente de *la escuela de capacitación*. Ésta última organiza la formación de los recursos en base a los requerimientos técnicos que especifican las empresas-clientes.
- *Dueños*: Se consideran a los *Socios Gerentes* (tienen a su cargo la decisión última en relación a la implementación del conjunto de transformaciones propuestas y los criterios de control para las mismas) y al Gerente de Desarrollo (tiene a su cargo la puesta en marcha del conjunto de transformaciones propuestas)
- *Facilitadores*: Equipo de investigadores, mediadores del proceso de aprendizaje organizacional.

⊙ *Análisis 2* (Referido a la identificación y caracterización de las dinámicas socio-culturales):

- Los recursos no comparten el mismo espacio físico y a menudo no comparten actividades.
- Los recursos trabajan en diferentes horarios. Se atienden proyectos con diferentes niveles de urgencia.
- Los equipos de trabajo están formados por recursos tanto de la organización outsourcing como de la empresa-cliente o de otras organizaciones.
- Los recursos y equipos de trabajo en general, deben integrarse a los grupos de las empresas-clientes; atender a sus esquemas y modos de organización
- El mercado actual genera una alta demanda de los recursos especializados en informática, dado el polo tecnológico existente;

situación que restringe la disponibilidad de recursos competentes para incorporar.

- Los recursos, en su mayoría, son jóvenes pertenecientes a la llamada Generación Y (nacidos a partir de 1980).
 - La organización outsourcing tiene un Sistema de Calidad certificado bajo Normas ISO 9001:2008.
- ◎ *Análisis 3* (Referido a la identificación y caracterización de las relaciones de poder):
- *Socios Gerente:*
 - Negocian los contratos con las Empresas-Clientes.
 - Definen políticas de la organización.
 - Verifican que se cumplan las políticas definidas.
 - Decide la asignación del recurso a proyecto de acuerdo a los criterios económicos y legales.
 - *Las empresas-cliente:*
 - Negocian esquemas de trabajo.
 - Negocian honorarios.
 - Deciden la incorporación definitiva del recurso previamente seleccionado.
 - Verifican que se cumplan los esquemas de trabajo.
 - *El Gerente de Desarrollo:*
 - Decide la asignación del recurso a proyecto de acuerdo a los criterios técnicos.
 - Implementa las políticas de la organización definidas por los Socio Gerentes.
 - Media entre los Socio Gerente, empresa-cliente y recurso.
 - Mantiene una comunicación fluida con los Socio Gerente, los líderes y referentes de proyectos.
 - *Líderes de proyectos:*
 - Definen los requisitos iniciales del proyecto.
 - Coordinan la ejecución del esquema de trabajo.
 - Controlan que el avance sea adecuado para el proyecto y para cada uno de los recursos.

- Dependen de la Empresa Cliente y la representan.
- *Referentes de proyectos:*
 - Reportan al Gerente de Desarrollo situaciones problemáticas del equipo de trabajo al que pertenecen.
 - Facilitan la comunicación entre los recursos y de los recursos con el Gerente de Desarrollo.
- *Recursos:*
 - Trabajan bajo la supervisión del Líder de Proyecto.
- *Escuela de Capacitación:*
 - Recibe los requisitos para la capacitación de parte del Gerente de Desarrollo, de acuerdo a los requerimientos de las empresas-clientes.
- *Recursos en Capacitación:*
 - Reciben la formación técnica específica para integrar un proyecto.

A partir de las descripciones expuestas en los tres análisis precedentes se logra un conocimiento más claro del contexto en el que se ubica la situación problemática planteada por los Socio Gerente, respecto de la necesidad promover en sus recursos humanos (recursos) un sentido de pertenencia que consecuentemente implique la fidelización de los mismos.

Como ya se ha hecho referencia la esencia de la resolución de una situación problemática, según la propuesta del SSM, viene dada por la producción de un grupo transformaciones. Para expresar las transformaciones y el contexto en el que se sitúan, se construye el **CATWOE**. Esta herramienta proporciona una base conocimientos organizados, en cada fila se explicitan los siguientes detalles implicados en cada transformación: beneficiario, actor, transformaciones (mundo real – mundo ideal), situaciones de la realidad que dan significado a la transformación, reconocimientos de los actores que podrían limitar las transformaciones, reconocimiento de restricciones que el ambiente podría imponer a las transformaciones. La base de datos CATWOE obtenida se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. CATWOOE

Cliente	Actores	Actual	Ideal	Razones q justifican la TRANSFORMACIÓN	Propietario	Restricciones
<ul style="list-style-type: none"> • Empresa-Cliente • Recursos • Organización outsourcing 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerente de Desarrollo • Socios gerente 	No comparten tiempo y espacio físico.	Las dinámicas habituales de trabajo incluyen momentos y espacios para compartir.	Los espacios y tiempos compartidos aumentan la cohesión del grupo y generan fidelización.	Empresa Cliente Socios Gerentes	<ul style="list-style-type: none"> • Urgencia de los Proyectos • Distribución geográfica • Horarios de los recursos
<ul style="list-style-type: none"> • Empresa-Cliente • Recursos • Organización outsourcing 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerente de Desarrollo • Facilitadores 	La gestión de RRHH ofrece múltiples oportunidades de mejora	Desarrollo de un adecuado Sistema de Gestión de RRHH	Va a facilitar la selección y asignación de los recursos. Permite explicitar y observar las competencias requeridas.	Socios Gerentes	<ul style="list-style-type: none"> • Requerimientos del Sistema de Calidad
<ul style="list-style-type: none"> • Empresa-Cliente • Recursos • Organización outsourcing 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerente de Desarrollo • Referentes • Facilitadores 	La figura del Referente no está definida	Desarrollo del Rol de Referente y potenciación del mismo.	Los Referentes podrían captar y canalizar información sobre necesidades de los clientes y de los recursos. Pueden promover la cohesión y fidelización.	Socios Gerentes	<ul style="list-style-type: none"> • Características propias de la Generación Y • Permanencia de los recursos. • Urgencia de los Proyectos
<ul style="list-style-type: none"> • Gerente de Desarrollo • Organización outsourcing 	<ul style="list-style-type: none"> • Facilitadores 	No se han realizado estudios para conocer el impacto de las variables económicas y no económicas en la permanencia de un recurso	Disponibilidad de un modelo que permita conocer el impacto de variables económicas y no económicas en la permanencia del recurso	Permitirá predecir el comportamiento de los recursos en cuanto a su permanencia en la empresa. Permitirá potenciar actividades de capacitación.	Socios Gerentes	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de calidad • Disponibilidad de información • Urgencia de los Proyectos • Elevada demanda de los recursos • Distribución geográfica • Horarios de los recursos • Sistema de calidad

Para la organización outsourcing de servicios informáticos que ocupa nuestro interés se proponen cuatro transformaciones, cada una de las cuales se define de manera más rigurosa a partir de las *definiciones raíces* que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Definiciones Raíces de las transformaciones

DR T1	La Gerencia debe desarrollar modalidades de trabajo que incluyan momentos y espacios para compartir, ya que estos aumentan la cohesión del grupo y generan fidelización.
DR T2	El desarrollo de un adecuado sistema de gestión de RRHH va a facilitar la selección, asignación y gestión general de los recursos.
DR T3	El desarrollo del rol de Referente ayudará a captar y canalizar información sobre necesidades de los clientes y de los recursos. De modo adicional promueven la cohesión y fidelización.
DR T4	La disponibilidad de un modelo cuyas entradas sean las variables que impactan en los comportamientos de los recursos y cuyas salidas sean los comportamientos esperables en los recursos; permitirá predecir la confiabilidad del recurso y contribuirá a mejorar las políticas de retención de los mismos.

Hasta aquí se consigue información para estructurar y definir de modo más riguroso la situación problemática planteada por la organización outsourcing, respecto de su interés en promover en sus recursos un sentido de pertenencia que consecuentemente implique la fidelización de los mismos.

3. CONCLUSIONES

Este trabajo describe una experiencia de aplicación de metodologías propias de la Investigación Operativa Soft realizada en una consultora outsourcing. En principio se señala la pertinencia comprobada de las metodologías utilizadas, para el abordaje de una situación problemática que se presenta compleja y requiere de herramientas muy flexibles para su tratamiento.

Se destaca que en cada intervención se logra aportar a la organización un espacio de reflexión que genera en los responsables de la gestión la posibilidad, por un lado de hacer una mejor lectura de la situación en la que están inmersos y por otro de hacer más tangibles las cuestiones ocultas y presentes en el contexto confuso y particular que les atañe.

La dinámica que se establece en las interacciones genera impacto tanto en los encargados de la gestión como en el grupo de investigadores. Esto produce un entorno de aprendizaje constructivista, que exige a los investigadores constantes cambios que se reflejan en la realización de modificaciones permanentes en los planes de acción. En tanto que en los gestores produce apertura, confianza y discernimiento para poder reconocer y expresar sus preocupaciones. Esto genera un intercambio de mutua valoración y reconocimiento.

El proceso constructivo planteado, enriquecedor para ambas partes, requiere de aproximaciones sucesivas no posibles de ser precipitadas. Esto requiere una agenda de reuniones entre los interesados que no siempre se puede cumplir, fundamentalmente insume más tiempo que el estipulado.

Los productos concretos de esta experiencia quedan expresados en la información producida respecto del dominio del problema y la propuesta de una serie de transformaciones posibles definidas de manera rigurosa.

Queda por abordar la construcción y ejecución de una planificación sistemática del conjunto de acciones a partir de las cuales se cristalicen las cuatro transformaciones propuestas. También será necesario enfocarse en la definición e implementación de los criterios de

control que posibilite el logro de un sistema de gestión eficiente, eficaz, efectivo, elegante y ético, en términos de Ion Georgiou (2006).

REFERENCIAS

- Alexander P, Van Loggerenberg J, Lotriet H, Phahlamohlaka J (2010): "The use of the repertory grid for collaboration and reflection in a research context". *Group Decision and Negotiation*, 19, pp. 479-504.
- Alles M. A. (2000): Dirección estratégica de recursos humanos. Gestión por competencias. Ediciones Granica S.A. Argentina.
- Alles M. A. (2002): Desempeño por competencias. Ediciones Granica S.A. Argentina.
- Anderson J.R. (1985): *Cognitive Psychology*. Foreman. Nueva York.
- Checkland P. (1981): "Rethinking a systems approach". *Journal Applied Systems Analysis*. 8, pp 3-14.
- Checkland P (1985): "Achieving 'desirable and feasible' change: an application of soft systems methodology". *J Oper Res Soc* 36:821-831
- Checkland P (1989) *Soft systems methodology*. In: Rosenhead J(ed) *Rational analysis for a problematic world: problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict*. Wiley, Chichester, pp 71-100
- Checkland P (1999) *Systems thinking, systems practice*. Wiley, Chichester.
- Checkland P (2000): *Soft systems methodology: a thirty year retrospective*. *Syst Res Behav Sci* 17, pp. 11-58
- Checkland P (2001): *Soft systems methodology*. In: Rosenhead J, Mingers J (eds) *Rational analysis for a problematic world revisited: problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict*, 2nd edn. Wiley, Chichester, pp. 61-89
- Cofré, R. (2010): *Modelo de Peter Checkland: Metodología de Sistemas Blandos*. Universidad Tecnológica Metropolitana. Facultad de Ingeniería. Departamento de Industria. Chile
- Eden C., Jones S (1984): "Using repertory grid for problem construction". *European Journal of operational research*, 35 (9), pp.779-790.
- Eden C. (1988): "Cognitive Mapping", *European Journal of Operational Research* 36(1) pp. 1-13.
- Feixas G., Cornejo J.M. (1996): *Manual de la técnica de la rejilla mediante el programa record v.2.2*. Paidós, Barcelona.

- Gasalla J. M (2004): La nueva dirección de personas. Pirámide Madrid.
- Georgiou, I. (2006): Managerial Effectiveness from a System Theoretical Point of View". Systemic Practice and Action Research 19, pp. 441-459.
- Kelly G. (1955): "The psychology of personal constructs". Norton and Company, N. York.
- Lemke F, Clark M, Wilson H (2010): Customer experience quality: an exploration in business and consumer contexts using repertory grid technique. Journal of the Academy of Marketing Science. Disponible online, Feb 2011.
- Levy-Leboyer C. (1997): La Gestión de las Competencias. Gestión 2000. Barcelona.
- Martínez Sánchez B. (2005): Estructuración cognitiva del mundo vocacional. Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia, Servicio de Publicaciones.
- Ortega E. (2007): Aplicaciones de la repertory grid al ámbito del marketing. Investigación y Marketing.
- Padilla C. (2010): La rejilla de constructos personales: un instrumento para el diagnóstico y la orientación. Universidad de Sevilla.
- Rivas F. (1988): Psicología vocacional. Enfoques del asesoramiento. Morata. Madrid.
- Rivas F. (1995): Manual de asesoramiento y orientación vocacional. Síntesis. Madrid.
- Rosch E. (1978): "Principles of categorization. Em Rosch and Lloyd [ed.]: Cognition and categorization, pp. 24-48, New Jersey. Erlbaum.
- Rosenhead J., Mingers J. (2004): Análisis racional reestudiado para un mundo problemático: métodos para estructurar problemas en condiciones de complejidad, incertidumbre y conflicto. Instituto Venezolano de Planificación, España.
- Saez Martínez F.J. (2005): "Las configuraciones cognoscitivas como herramienta de análisis de la estructura sectorial". Revista europea de dirección y economía de la empresa. 14 (3) pp. 111 – 134.
- Silva Barros P, Castellini M y Belderrain M (2012): A systematic planning for improvements in a program of urban food harvest, using the new configuration of Soft Systems Methodology. Group Decision and Negotiation, Recife, Brasil.

- Stewart V, Stewart A. (1981): Business applications of repertory grid. McGraw-Hill Book Company. Berkshire England.
- Smyth D., Checkland P. (1976): Using a system approach: the structure of root definitions. *J Appl Syst Anal*5, pp. 75–83
- Valqui Vidal R. (2003): The anatomy of soft approaches. *Revista Investigación Operacional*, 24 (2)
- Valqui Vidal R (2010): La investigación de operaciones: un campo multidisciplinario”. *Operational Research: A multidisciplinary Field*, pp. 47-52.
- Vilaseca J y otros (2006): E-learning y desarrollo de competencias: lamicronización de contenidos de Economía y Empresa. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 5 (2). 113-147.
- ZanazziJ., ConforteJ., BoaglioL., DimitroffM., CarignanoC. (2008): Problemática de trabajo en equipo. Metodología para el análisis conjunto. I ERABIO (Encuentro Regional Argentino Brasileiro de Investigación Operativa) - XXI ENDIO. Posadas, Argentina.
- Zanazzi J.,Salamon A.,Cabrera G.,Gonzalez A., Pedrotti B., (2011): La investigación operativa soft em la estructuración de problemas vinculados con la orientación vocacional. XXII EPIO - XXIV ENDIO. Rio Cuarto, Córdoba. Argentina.

ELICITACIÓN DE FACTORES INCIDENTES EN LA ELECCIÓN DE UNA CARRERA UNIVERSITARIA

JOSÉ LUIS ZANAZZI

ALICIA SALAMON

GABRIELA CABRERA

ANALÍA GONZÁLEZ

BEATRÍZ PEDROTTI

Palabras Clave: Investigación Operativa Soft, Grilla de Repertorio, Constructos personales, Orientación Vocacional

1. INTRODUCCIÓN

En la presente sección se analiza y aplica, en el campo de la Orientación Vocacional, la técnica conocida como Rejilla de Kelly (Repertory Grid), una herramienta clásica de la denominada Investigación Operativa Soft. La herramienta utilizada se fundamenta en la Teoría de los Constructos Personales (TCP), propuesta por Kelly (1955).

Se trata de una metodología diseñada para instrumentar entrevistas, que permite interpretar el modo en que una persona da sentido a sus experiencias. Su aplicación incluye la selección de un tópico de análisis y de un grupo de elementos a comparar. Luego se adoptan cualidades (constructos), que pueden caracterizarse como contrastes entre dos polos (positivo – negativo). Finalmente se clasifican los elementos conforme a esos constructos.

La aplicación señalada se instrumenta con alumnos ingresantes a las carreras de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFYN), de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC). En particular se utiliza dicha técnica para elicitar los factores o motivos que conducen a la elección de una carrera, identificar los criterios que resulten recurrentes en las diferentes entrevistas y a partir ellos generar una nueva rejilla que posibilite una mayor estructuración al problema de la elección vocacional. A partir de esta última versión del instrumento se pretende analizar la existencia de patrones de comportamiento en los jóvenes que eligen carreras similares.

La Rejilla ha sido y es utilizada en una gran cantidad de aplicaciones en diferentes campos del conocimiento. Esta vigencia resulta evidente en artículos de reciente aparición, como el de Alexander y otros (2010), donde se utiliza para identificar tanto coincidencias como disidencias en un grupo de investigadores. En similar condición se encuentra el trabajo de Lemke, Clark y Wilson (2010), donde permite estudiar las percepciones de un grupo de clientes acerca de un servicio recibido.

Otros métodos de estructuración de problemas se fundamentan en la teoría de Nelly. Entre los más conocidos pueden citarse los Mapas Cognitivos de Eden (2004). De hecho, este mismo autor ha dedicado algunos de sus artículos a proponer mejoras a la versión original de la Repertory Grid, como es el caso de la diada en Eden y Jones (1984).

Por otro lado, cabe señalar que el texto de esta sección procede de una ponencia presentada en el marco de la Reunión Científica denominada XXIV ENDIO-XXII EPIO, realizada en la sede de la Universidad Nacional de Río Cuarto en la ciudad de Río Cuarto, durante el año 2011. En este contexto la ponencia ha sido sometida a referato y aceptada por la Comisión Científica evaluadora de EPIO (Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa).

Respecto a la estructura de la sección, en primer lugar se revisan los postulados de la TCP, se describe la técnica y se explican algunas de las modalidades de aplicación. Luego se presenta el caso analizado y se reproducen algunos de los resultados experimentales obtenidos. Finalmente se identifican los constructos que resultan recurrentes en las diferentes entrevistas.

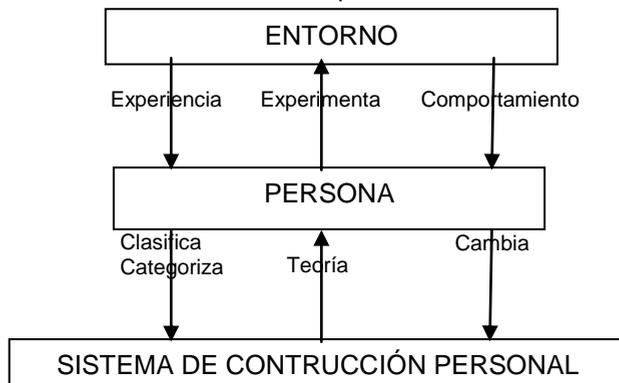
2. REVISIÓN DE LOS POSTULADOS DE LA TEORÍA DE CONSTRUCCIÓN PERSONAL (TCP)

La *Teoría de la Construcción Personal* desarrollada por George Kelly explica cómo una persona clasifica, realiza la experiencia en su entorno y adopta en su comportamiento el resultado de su experiencia, generando de este modo 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.

Cada individuo tiene expectativas que se derivan de teorías (construcciones personales) las que somete a prueba (experimenta) en forma de postura o comportamiento. Resulta de central importancia el concepto de *constructo personal*; la idea de que las personas construyen los hechos al predecirlos, basados en la experiencia y el aprendizaje. Esta idea se constituye en el **postulado fundamental** a partir del cual el

autor ha organizado esta teoría; los *constructos suponen una interpretación de la realidad*. Según Kelly (1955; 2001) estos constructos constituyen una red compleja, jerárquica e interdependiente de significados que pueden ser representados como dimensiones bipolares de significado. Para Kelly (1969) toda persona posee un entorno de construcción, definido como dimensiones de evaluación de pares de conceptos o dimensiones de análisis; por ejemplo, teoría/práctica. Para este autor cada sujeto emplea aquel polo del constructo que le resulta válido para predecir su propia conducta. Los constructos son susceptibles de modificación y todo el sistema en conjunto está interrelacionado y abierto al cambio. Las experiencias a partir del entorno de la persona, se clasifican, se categorizan y responden a su sistema de evaluación, Figura 1: el *sistema de construcción personal*.

Figura 1 – Esquema que muestra la dinámica del sistema de construcción personal



Además del postulado fundamental ya mencionado, Kelly (1955) plantea los siguientes **corolarios**:

- de la construcción,
- de la experiencia,
- de la dicotomía,
- de la organización,
- del rango o del ámbito,
- de la selección,
- de la individualidad,
- de la comunalidad,

- de la fragmentación
- de la sociabilidad.

En el presente estudio el interés se centra en el corolario de la comunalidad: siempre que una persona emplea una construcción de experiencias similar a la empleada por otra, sus procesos psicológicos serán parecidos a los de esa otra persona (Boeree 1999).

3. DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA DE LA REJILLA O REPERTORY GRID

La Técnica de la Rejilla o Repertory Grid, fue creada por Kelly (1955) para conocer los mencionados constructos personales y a través de ellos, evaluar la estructura y contenido del significado con el que las personas se relacionan (Lucero, Feixas y Saúl 2003); considerando que una persona es lo que interpreta de sí misma y de los demás (Pervin y John 1999). Esta técnica, a diferencia de otros instrumentos psicológicos, evalúa los aspectos cognitivos y relacionales desde la propia construcción del sujeto.

En el marco de la Teoría de Constructos Personales la Grilla de Repertorio permite la obtención de grupos, cuyos miembros son percibidos similares respecto a una serie de atributos centrales (Aragonez y Küster 2007). Básicamente la Rejilla de Kelly muestra una clasificación de eventos en el entorno (elementos) y cómo éstos están relacionados con las abstracciones individuales (constructos) de la experiencia del entrevistado, en relación con aquellos eventos.

Como lo señala Feixas (2003), la Técnica de Rejilla o Repertory Grid es un instrumento de evaluación de las dimensiones y estructura del sistema de construcción personal. Resulta un instrumento muy flexible que si bien ha tenido en el pasado su aplicación principal en el ámbito de la psicología hoy está siendo utilizado en contextos muy variados. Desde la década del 80 comienza a ser instrumentada en el ámbito de las aplicaciones de negocios: Stewart Stewart (1981) en las investigaciones de mercado, control de calidad y entrenamiento de dirección, Eden y Jones (1984) en los problemas de construcción en Investigación Operativa, entre otros. Con el paso del tiempo su implementación se ha extendido a numerosos campos entre los que se encuentran la educación, la formación, la orientación profesional (Rivas (1988; 1995), Martínez Sánchez 2005, Padilla 2010), el turismo, el marketing y la gestión empresarial (Lemke, Clark y Wilson (2010)); como lo expresa Ortega (2007).

En términos de Fransella y Bannister (1977) en rejillas se presentan o expresan tareas mediante las que una persona es capaz de decirnos

algo sobre la manera en que ve y ordena su mundo. Se representan en forma de una matriz siendo su objetivo poner de relieve la estructura del espacio psicológico de un sujeto mediante ese formato matricial. Toda rejilla es un sistema bidimensional de elementos, constructos e intersecciones de los constructos con los elementos. Los elementos están situados en la parte superior de la matriz (columnas) y los constructos bipolares (filas) ubicándose los constructos emergentes (positivos) a la derecha y los constructos opuestos (negativos) a la izquierda de cada fila. Además de los elementos y los constructos se requiere de un método para establecer un enlace entre ambos.

Existe diversidad de variantes en la aplicación de la Grilla de Repertorio, se describe a continuación uno de los métodos más ampliamente difundido en la literatura:

- **Primer Paso:** producir una lista de **elementos** relevantes en el contexto (eventos, individuos, tareas o cosas que están siendo consideradas o evaluadas). Estos elementos deben ser representativos de lo que está sujeto a análisis, homogéneos y lo más precisos posibles.
- **Segundo Paso:** Producir una lista de **constructos**. Esto es, establecer las dimensiones de evaluación, los criterios que usa una persona para diferenciar entre varios elementos bajo consideración. El procedimiento de elicitación de constructos permite al orientador obtener, a partir de la persona, los atributos y características que este aplica en el contexto del problema. Existen dos métodos muy difundidos para ejecutar este paso: a) *Método de Contexto Mínimo* y b) *Método de Contexto Full*.

a) *Método de Contexto Mínimo:* Básicamente, según Eden y Jones (1984), la idea es expresar los constructos a través de dos polos, un polo emergente (polo positivo) y un polo opuesto (polo negativo). En el procedimiento clásico, llamado *la triada* de Kelly, el evaluador presenta al sujeto tres elementos y pide que describa una característica común a dos de ellos y que a su vez los diferencia del tercero. El aspecto en el que concuerdan los elementos se llamó polo del constructo, polo de semejanza o polo emergente y lo que los diferencia del tercero, polo de contraste u opuesto. Otro de los procedimientos que puede ser utilizado y que resulta de aplicación más sencilla es la diada propuesto por primera vez por Eptin, Suchman y Nickeson (1971) según Padilla (2010) en base a lo expresado por Botella y Feixas (1998). Por su parte, Eden y Jones (1984) proponen dicho procedimiento como una de las mejoras de

la versión original de la Repertory Grid. La diada se sustenta en el corolario de la dicotomía, este postula que el sistema de construcción de una persona está compuesto por un número finito de constructos dicotómicos, a los que Kelly llama constructos bipolares (Boeree 1999). La diada entonces, se constituye en un procedimiento más simple en el que la discriminación del constructo solo afecta a pares de elementos. En términos prácticos este procedimiento consiste en preguntar al sujeto por la característica, criterio (constructo) que comparten el par de elementos en cuestión para luego solicitar que se explicita lo contrario de dicha característica. En el presente trabajo se opta por la diada como procedimiento para la elicitación de los constructos por parte de los entrevistados.

Para los casos en que el entrevistado no pueda articular un número significativo de elementos, Steward Steward (1981) proponen que el orientador provea dichos constructos (constructos suplidos) o realizar una entrevista-diálogo con preguntas específicas cuyas respuestas deriven en los elementos.

- b) Método de Contexto Full:* En este método se presentan todos los elementos como un grupo. Se solicita al entrevistado que piense en características importantes en las cuales los elementos sean semejantes y al mismo tiempo, diferentes unos de otros, con respecto al problema bajo análisis.
- **Tercer Paso:** En este momento se completa la rejilla categorizando cada elemento sobre el constructo. Los valores asignados en la rejilla, a través de una escala, permiten categorizar cada elemento en función de la valoración realizada sobre cada constructo. Este tipo de rejillas en las que se valoran los elementos según se acerquen al polo emergente o al opuesto ha sido llamada rejilla de puntuaciones según lo expresado por Padilla (2010) en términos de Fansella y Banister (1977). Para Ortega (2007) la puntuación que posibilita la mencionada categorización puede efectuarse a través de diversos tipos de escalas: una escala dicotómica (empleada inicialmente por Kelly), escalas ordinales y escalas de intervalos tipo Likert como las implementadas por Feixas y Cornejo (1996), Easterby-Smith, Torpe y Holman; Fransella, Bell y Banister (2004).
- **Cuarto Paso:** En esta instancia se analizan los datos resultantes de la rejilla a partir de los cuales se proporciona una explicación del propósito o criterio subyacente a la misma. Padilla (2010) señala la existencia de dos tipos de análisis: de **contenido** que se aplica a fin de examinar los constructos en tanto dimensiones psicológicas y **estadístico** que se centra en el estudio de las relaciones entre

constructos. En el presente estudio interesa el análisis de los elementos en el espacio de los constructos (Botella y Feixas 1998).

4. APLICACIÓN DE LA TÉCNICA REPERTORY GRID EN EL ÁMBITO DE LA ORIENTACIÓN VOCACIONAL: RESULTADOS EXPERIMENTALES.

Como se mencionó anteriormente la Técnica de la Rejilla o Repertory Grid está siendo utilizada en contextos variados con sus correspondientes adecuaciones. En el trabajo que nos ocupa interesa su instrumentación en el campo de la Orientación Vocacional. En particular se espera que para cada carrera los jóvenes evidencien criterios similares para la valoración de las mismas. Padilla (2010) citando a Alvarez Rojo (1997) señala que la rejilla se aplica como medio para facilitar la decisión entre un conjunto de profesiones y un conjunto de valores.

En este trabajo se entiende la orientación vocacional en términos de las definiciones de Martínez Sánchez (2005), quien expresa que esta es una relación técnica de ayuda que se manifiesta a través de la intervención del profesional en los distintos aspectos que van conformando la conducta y el desarrollo vocacional de los jóvenes. Dicha relación técnica de ayuda se inscribe, para el presente estudio, en el marco de la línea constructivista de la orientación y asesoramiento profesional surgida de la teoría de los constructos personales de Kelly (1955), que Casserly (1983), Neymeyer (1996), Feixas (1996) y Rivas (1981) aplicaron tempranamente en dicho dominio.

Como primera acción para determinar la existencia de patrones de comportamiento en los jóvenes que eligen carreras universitarias similares, se seleccionaron ingresantes al ciclo lectivo 2011 de las carreras de Ingeniería Civil, Ingeniería Aeronáutica y Ciencias Biológicas pertenecientes a la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales (FCEfyN) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC).

Para la configuración de la grilla de repertorio se realiza en primera instancia una entrevista con cada uno de los ingresantes seleccionados, en la que se explicita el propósito que subyace en la rejilla a ser completada por ellos. Se procede al completado individual de dicha rejilla en la que se tienen 6 carreras (elementos) a valorar: las tres carreras ya mencionadas (Ingeniería Civil, Ingeniería Aeronáutica y Ciencias Biológicas) y tres más, que en principio resultan marcadamente diferentes a estas últimas (Derecho, Psicología y Medicina).

Los estudiantes realizan la **elicitación de los constructos**. La rejilla presentada cuenta con 10 filas, lo que restringe la cantidad de

experiencia de personas pertenecientes a un mismo grupo (familia, cultura, ideología, etc), según lo manifiesta Martínez Sánchez (2005).

Se muestran a continuación tres ejemplos de rejillas, Figura 3, Figura 4 y Figura 5, completados por estudiantes de cada una de las carreras mencionadas a lo largo de esta ponencia.

Figura 3 – Rejilla completada por un ingresante a Ing. Civil

	Derecho	Ing. Civil	Medicina	Ciencias Biológicas	Ing. Aeronáutica	Psicología	
Mal sueldo	1	6	1	5	5	5	Buen sueldo
Pocas horas trabajadas	4	5	2	6	6	5	Muchas horas trabajadas
Trabaja con cosas tangibles	1	6	4	2	6	4	Trabaja con cosas intangibles
Trabaja individual	2	6	1	2	6	4	Trabaja en equipos
Poca salida laboral	5	6	1	5	6	4	Buena salida laboral
	13	29	9	20	29	22	

Figura. 4 – Rejilla completada por un ingresante a Ing. Aeronáutica

	Derecho	Ing. Civil	Medicina	Ciencias Biológicas	Ing. Aeronáutica	Psicología	
No tiene muchas matemáticas y físicas	1	6	3	2	6	1	Tiene muchas matemáticas y físicas
Poca salida laboral	4	6	6	3	6	4	Salida laboral
No se relaciona con el vuelo	1	2	1	1	6	1	Se relaciona con el vuelo
No se relaciona con la mecánica	1	3	1	1	6	1	Se relaciona la mecánica
No tiene teóricos pesados	6	2	6	4	2	6	Tiene teóricos pesados

No tiene resolución de ejercicios	1	6	3	3	6	1	Resolución de ejercicios
No tiene muchos ingresantes	4	4	6	3	1	3	Tiene muchos ingresantes
No tiene posibilidades para trabajar en otro país	2	4	3	2	6	2	Posibilidad para trabajar en otro país
No tiene relación con los motores	1	2	1	1	5	1	Tiene relación con los motores
No tiene relaciona con autos de competición	1	1	1	1	5	1	Se relaciona con los autos de competición
Baja remuneración	4	6	6	3	6	3	Remuneración buena
Poca posibilidades de obtener becas	4	6	4	3	6	3	Posibilidades de obtener becas
Estudio en forma grupal	3	6	3	3	6	3	Estudio en forma independiente
	33	54	44	30	67	30	

Figura. 5 – Rejilla completada por un ingresante a Ciencias Biológicas

	Derecho	Ing. Civil	Medicina	Ciencias Biológicas	Ing. Aeronáutica	Psicología	
Poca salida laboral	4	2	4	2	4	5	Mucha salida laboral
Duración muy corta	3	2	3	1	3	3	Duración muy larga
Elementos intangibles	6	1	2	3	1	3	Elementos tangibles
Especializada	6	6	6	6	6	6	Abarcativa
Mucha gente en la carrera	6	6	6	3	6	6	Poca gente en la carrera
	25	17	18	18	20	23	

Los constructos que resultaron recurrentes de todas las rejillas analizadas se transforman en *constructos suplidos* para la confección de una nueva rejilla mixta, que se muestra en la Figura 6.

Figura 6. Rejilla mixta a presentar en la segunda instancia experimental

	Derecho	Ing. Civil	Medicina	Ciencias Biológicas	Ing. Aeronáutica	Psicología	
Actividad profesional con baja remuneración							Actividad profesional con alta remuneración
Escasa Salida Laboral en nuestro país							Amplia Salida Laboral en nuestro país
Baja demanda de profesionales en el exterior							Alta demanda de profesionales en el exterior
No relación con el ciclo de especialización de tu secundario.							Relacionado con el ciclo de especialización de tu secundario.
Bajo número de materias de tu interés							Amplio número de materias de tu interés
Influencia familiar							Sin Influencia familiar
Sin trabajo en equipo							Con trabajo en equipo

Esta nueva rejilla se utiliza para continuar con la segunda instancia en la metodología objeto de desarrollo a partir del presente estudio. Se obtiene entonces una rejilla mixta en la que se muestran los **seis elementos** ya definidos en la primera instancia, **7 constructos suplidos** (propuestos por el equipo de investigación en base a las recurrencia observadas en la elicitación de los constructos de las rejillas analizadas) y 3 constructos que pueden ser agregados por parte del grupo de estudiantes (**constructos a elicitar**) que se seleccionarán para continuar con el proceso de desarrollo de la metodología antes mencionada.

5- CONCLUSIONES

La Técnica de la Rejilla ha posibilitado reconocer algunos de los criterios a partir de los cuales, jóvenes ingresantes a las carreras de Ing. Civil, Ing. Aeronáutica y Ciencias Biológicas de la FCFyN de la UNC realizaron la elección de las mismas. La mayoría de estos jóvenes pudieron explicitar los constructos emergentes y contrapuestos, como así también valorarlos a partir de la escala instrumentada. La dificultad detectada en solo alguno de ellos consistió en la explicitación del

constructo emergente, estos manifestaron que solo tenían en mente una carrera, no se les ocurría analizar otra alternativa. Ante este tipo de situaciones se intervino según lo pautado en el protocolo de aplicación de dicho instrumento.

Es importante destacar que se observaron similitudes en los constructos elicitados por los jóvenes entrevistados. Para los ingresantes seleccionados de las tres carreras ya mencionadas hubo criterios comunes para la evaluación de la profesión elegida, evidenciándose de esta manera el corolario de comunalidad. La clara existencia de constructos elicitados recurrentes posibilitó la generación de una nueva rejilla para la continuación de la presente investigación. Con esta nueva rejilla basada en los constructos recurrentes se pretende proporcionar una mayor estructura al problema de la orientación vocacional. El hecho de presentar esa lista de constructos recurrentes en formato de constructos suplidos promueve que los jóvenes se enfoquen en la valoración propiamente dicha de las carreras. Estas valoraciones realizadas en términos de cada uno de los constructos recurrentes permitirá luego analizar la existencia de patrones de comportamiento en los jóvenes que eligen carreras similares.

REFERENCIAS

- Alexander P, Van Loggerenberg J, Lotriet H, Phahlamohlaka J (2010). The Use Of The Repertory Grid for Collaboration and Reflection In A Research Context. *Group Decision and Negotiation*, 19, Pp. 479-504.
- Boeree, G. (1999). George Kelly, Personality Theories. [Http://www.Ship.Edu/~Cgboeree/Kellyesp.html](http://www.ship.edu/~cgboeree/kellyesp.html)
- Casserly, M. C. (1983). A Prototype Measure of Career Adaptability. *Employment Services Branch Canada, Nacton* 5, 55-76
- Eden, E. Y S Jones (1984). Using Repertory Grid for Problem Construction. *European Journal of Operational Research*, Vol.35 (9), Pp779-790.
- Eden, C. (1988). Cognitive Mapping. *European Journal of Operational Research - Vol 36- Pgs. 1-13.*
- Eden C (2004). Analyzing Cognitive Maps to Help Structure Issues or Problems. *European Journal of Operational Research*, 159, Pp. 673–686.
- Feixas, G. Y Cornejo, J.M. (1996), *Manual de la Técnica de la Rejilla Mediante el Programa Record V.2.2*, Paidós, Barcelona.

- Feixas, G., Y Neimeyer, R. (1997). El Proceso Terapéutico en la Terapia De Constructos Personales. En I. Caro (Comp.), Manual de Psicoterapias Cognitivas. (Pp. 319-337). Barcelona, Paidós.
- Fransella, F. & Bannister, D. (1977). A Manual for Repertory Grid Technique. London, Academic.
- Fransella, F., Bell, R., Y Bannister, D. (2003). A Manual For Repertory Grid Technique (2nd Ed.). London, Wiley
- Hunkeler, D.; Saur, K.; Rebitzer, G.; Finkbeiner, M.; Schmidt, W.-P.; Jensen, A. A.; Stranddorf, H.; Christiansen, K., (2004). Life Cycle Management. Setac Press, Pensacola
- Kelly, G.A. (1955): The Psychology of Personal Constructs, Norton And Company, N. York.
- Kelly G. A. (1969). Man's Construction of His Alternatives. In: Clinical Psychology and Personality. The Selected Papers of George Kelly. Ed. Maher, B. New York. Wiley.
- Kelly, G. (2001). Psicología de los Constructos Personales: Textos Escogidos (B. Maher, Compilación en Inglés; G. Feixas, Editor). Barcelona, Paidós.
- Lemke F, Clark M, Wilson H (2010) Customer Experience Quality: An Exploration in Business and Consumer Contexts Using Repertory Grid Technique. Journal of the Academy of Marketing Science, disponible on line, Feb 2011.
- Lucero, C., Feixas, G., & Saúl, L. A. (2003). Constructos Personales Y Perfil Sintomático En la Etapa de Climaterio: Un Estudio Exploratorio. Anuario de Psicología, 34, 371-383.
- Martínez Sánchez, B (2005). Estructuración Cognitiva del Mundo Vocacional. Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación. Tesis Doctoral. Universitat de Valencia, Servei de Publicacions.
- Neimeyer, G. (1996). Evaluación Constructivista. Barcelona, Paidós.
- Ortega, E (2007). Aplicaciones del Repertory Grid al Ámbito del Marketing. Rev. Investigación y Marketing. Nº 95. Junio. Aedemo.
- Padilla, C (2005). La Rejilla de Constructos Personales: Un Instrumento para el Diagnóstico y la Orientación". Universidad de Sevilla.
- Rivas, F. (1981). "La Rejilla como Técnica Psicométrica de Medida de la Ejecución Típica Individual. Análisis y Modificación de Conducta, 7, 85 171-246.

- Rivas, F. (1988). Psicología Vocacional. Enfoques del Asesoramiento. Morata.
- Rivas, F. (1995). Manual de Asesoramiento y Orientación Vocacional, Madrid, Síntesis
- Stewart, V Y Stewart, A. (1981): Business Applications of Repertory Grid. Berkshire England: Mcgraw-Hill Book Company.

TOMA DE DECISIONES EN GRUPO: EL MÉTODO PROCESOS DRV

JOSÉ LUIS ZANAZZI

LUIZ FLAVIO AUTRAN MONTEIRO GOMES

LAURA LEONOR BOAGLIO

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

1. INTRODUCCIÓN

Este capítulo presenta un método orientado a facilitar la toma de decisiones en grupos, en situaciones donde los integrantes comparten un mismo objetivo y por lo tanto es conveniente que procuren hacer converger sus posiciones.

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. Por otra parte, esta propuesta metodológica admite dos formas de agregación: ponderación lineal conforme a la Teoría de la Utilidad Multiatributo Aditiva y la modalidad TODIM, basada en la Teoría de las Perspectivas.

A los fines del método 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 (2012) se ha desarrollado un resumen del enfoque.

En cuanto a este capítulo, el texto base del mismo ha sido presentado en carácter de full paper en el congreso de la Sociedad Brasileira de Investigación Operativa (SOBRAPO), realizado durante el año 2011 en la localidad de Ubatuba, Estado de Sao Paulo. En esa oportunidad fue sometido a referato y aceptado por la comisión científica del evento.

En cuanto a la organización del capítulo, 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.

1.1. Revisión de aportes bibliográficos

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); Merigó (2011); Lin (2011).

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).

1.2. Enfoque psicológico y sociológico de la propuesta

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 compartan 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.

2. DESARROLLO

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.

2.1. Fase de 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.

2.2. Fase de Agregación

Una vez que se 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 \mathbf{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:

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

donde:

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

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

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

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 substitución 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:

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

2.3. Fase de 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:

$$T = \frac{\overline{d_{sr}}}{S_{sr}/\sqrt{N}} \quad (10)$$

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:

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

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 $p_{(i)}$ 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.

2.4. 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.

2.4.1 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.

2.4.2 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 requirieron 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.

3. CONCLUSIONES

El capítulo 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.

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/~cgboeree/kellyesp.html>
- Bourdieu, P. (1996): *Cosas dichas*, Gedisa, Barcelona.
- Bourdieu, P. (1998): *Capital cultural, escuela y espacio social*, Siglo XXI editores, México.
- 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., Clímaco, 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 com Múltiples Decisores: Aplicación Combinada de los Métodos TODIM y Procesos DRV*. Revista de Administração do Gestor, 2, 1, pp 105-136.

- 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.
- Lin, L., Huang, L., and Yeh, H. (2011): *Fuzzy Group Decision-Making for Service Innovations in Quality Function Deployment*. Group Decision and Negotiation. <http://dx.doi.org/10.1007/s10726-010-9223-5> 1-23.
- Merigó, J.M., Gil-Lafuente, A.M., Zhou, L., and Chen, H. (2011): *Generalization of the linguistic aggregation operator and its application in decision making*. Journal of Systems Engineering and Electronics, 22 (4), 593–603
- 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.

MÉTODOS PARA TOMAR DECISIONES EN GRUPO: COMPARACIÓN ENTRE PROCESOS DRV Y SMAA

JOSÉ LUIS ZANAZZI

MAGDALENA DIMITROFF

DANIEL PONTELLI

BEATRIZ PEDROTTI

Palabras Claves: Toma de decisiones en grupo, Procesos DRV, Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis

1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se analizan y comparan dos métodos diseñados para facilitar la toma de decisiones en grupo. La comparación es procedente dado que los problemas que pretenden resolver ambos métodos son similares y de hecho se inscriben en el paradigma de la Decisión Multicriterio Discreta.

En cuanto al problema de decisión que se analiza, se supone que un grupo de N personas debe comparar I alternativas a la luz de J criterios. Estos criterios pueden ser contrapuestos entre sí, es decir que cuando se alcanzan buenos resultados en unos, pueden encontrarse resultados pobres en otros.

Entre las características distintivas de estas dos propuestas se encuentra el hecho de que ambos utilizan la Teoría de la Utilidad Multiatributo Aditiva, para representar las preferencias de los integrantes del equipo. Además, los dos métodos utilizan variables aleatorias multidimensionales para representar estas preferencias.

Por otra parte, tanto los Procesos DRV (Decisión con Reducción de Variabilidad) como los SMAA (Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis), conceden especial atención al tratamiento de algunos problemas básicos de la decisión grupal: incertidumbre, imprecisión y falta de datos. Por ese motivo, se considera importante incluir estos elementos en la comparación.

Corresponde precisar que los Procesos DRV han sido desarrollados en la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, en el ámbito del Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial. Una descripción de

esta propuesta puede encontrarse en los artículos Zanazzi, Carignano, y otros (2006); Zanazzi y Gomes (2009) y Gomes y Zanazzi (2010).

Por su parte, la familia de métodos SMAA ha sido impulsada fundamentalmente desde la Universidad de Turku, en Finlandia. La propuesta ha generado una importante cantidad de publicaciones en revistas de primer nivel internacional. Entre los trabajos que la presentan se encuentran los artículos de Lahdelma, Hokkanen y Salminen (1998); Lahdelma y Salminen (2001); Lahdelma, Miettinen y Salminen (2003); Lahdelma y Salminen (2009) y Tervonen (2007).

En este capítulo se describen ambos métodos en líneas generales. A continuación se analiza un ejemplo ficticio, el cual se resuelve con ambas estrategias. Luego, se resumen en una tabla las principales semejanzas y diferencias. Finalmente, se realizan las correspondientes conclusiones.

2. PRESENTACIÓN DE LOS PROCESOS DRV

Los Procesos DRV asumen que los miembros tienen objetivos comunes, es decir que se trata de un caso de "Group Decision Making" (GDM), conforme a la definición de Kersten (1997). 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.

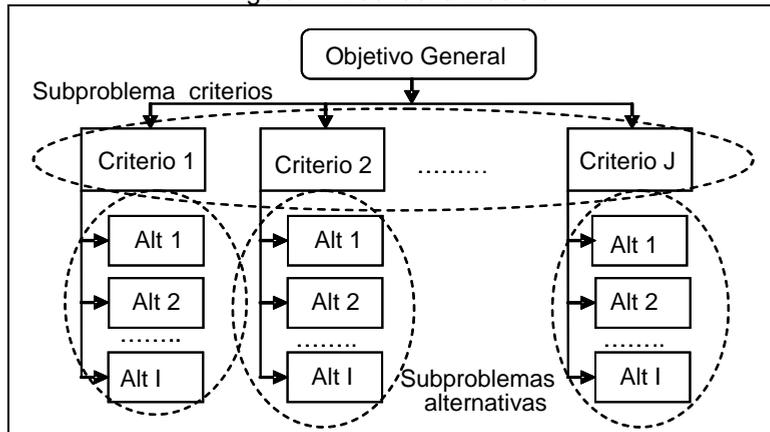
Ahora bien, se reconocen en la estructura del método tres etapas: estabilización del proceso de decisión; agregación de preferencias y ordenamiento de alternativas. En el presente apartado se realiza un resumen de los aspectos centrales de cada fase.

2.1 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).

Figura 1 Árbol de la Decisión

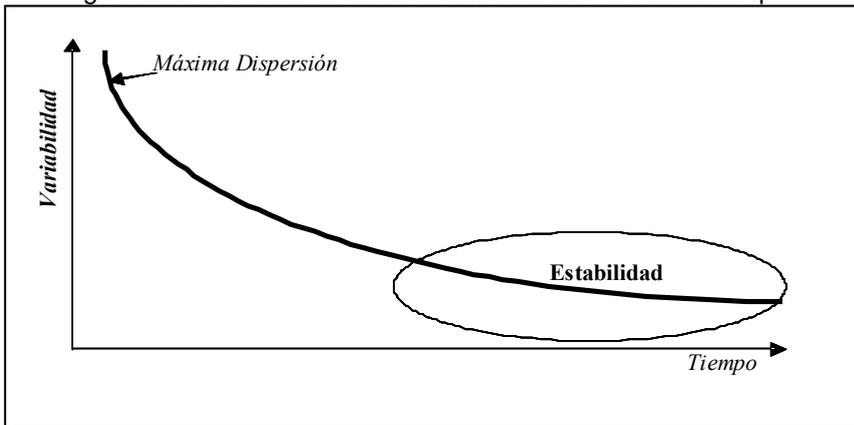


Cuando las apariencias hacen pensar que los integrantes logran desarrollar una visión común acerca del subproblema bajo estudio, el método requiere que se realice una asignación de utilidades a los elementos que lo componen. Dicha asignación es una tarea individual y se efectúa del mismo modo, tanto para los criterios como para las alternativas.

Entre los supuestos fundamentales del método se encuentra el hecho de que si los miembros conforman realmente un grupo con objetivos y valores compartidos, entonces no pueden existir enormes diferencias entre sus opiniones y preferencias. Por ese motivo el método tiene una dinámica orientada a reducir la variabilidad de las utilidades asignadas, hasta arribar a una situación de estabilidad, donde aún cuando el trabajo de análisis se continúe, las posturas individuales ya no pueden cambiar de modo significativo.

La reducción de esta variabilidad se logra en general mediante uno o dos ciclos de análisis. La evolución de la suma de cuadrados de las utilidades asignadas se representa en la Figura siguiente.

Figura 2 Disminución de la variabilidad en función del tiempo



En el estado estable, la variable aleatoria puede ser entendida como una suma de muchos efectos, con intensidades similares. Con esa base, la variabilidad residual en las valoraciones tanto de las alternativas como de los criterios, debe poder ser representada por una distribución Normal (cuando el grupo presenta cohesión), o por dos o tres normales (cuando subsisten diferencias irreconciliables).

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

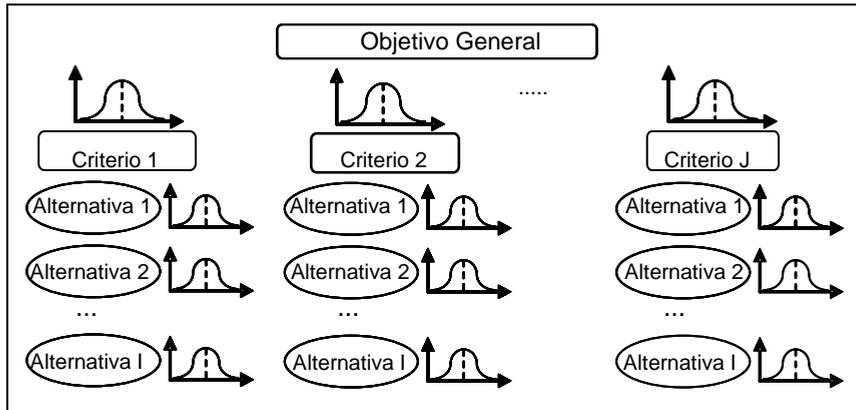
$$\text{IVR} = \frac{\text{SCD}}{\text{SCU}} * 100\% \quad (1)$$

Donde SCD es la variabilidad residual, después de una fase de análisis y SCU es representada por la distribución uniforme y refleja una situación de total desacuerdo. En la práctica, puede suponerse que valores de IVR por debajo de veinticinco por ciento, son propios de la estabilidad.

2.2 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. La situación se esquematiza en la Figura siguiente.

Figura 3 Distribuciones normales en el árbol de decisión



En estas condiciones, los procesos DRV contemplan dos modalidades de agregación: Ponderación Lineal y estrategia TODIM. En la primera opción, las valoraciones globales para las alternativas se representan con una nueva variable aleatoria multidimensional V , la cual se define del siguiente modo:

$$V_i = \sum_{j=1}^J C_j * W_{ij} \quad (2)$$

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, en el artículo de Zanazzi, Carignano, y otros (2006), así como el de Zanazzi y Gomes (2009), se demuestra que cuando se aplica Ponderación Lineal, las valoraciones globales V_i de las alternativas, pueden ser representadas con una distribución normal multivariada.

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), presentado en Kahneman y Tversky (1979). Gomes y Zanazzi (2010), explican de manera extensa 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:

$$\delta_{im} = \sum_{j=1}^J \Phi(i, m) \text{ para todo } 1 \leq i \leq I, 1 \leq m \leq I \quad (3)$$

donde:

$$\Phi(i, m) = 0 \text{ cuando } i = m \quad (4)$$

$$\Phi(i, m) = \frac{a_j (\bar{w}_{ij} - \bar{w}_{mj})}{\sqrt{\sum_{j=1}^J a_j}} \text{ cuando hay ganancias, es decir } \bar{w}_{ij} > \bar{w}_{mj} \quad (5)$$

$$\Phi(i, m) = \frac{-1}{\theta} \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^J a_j (\bar{w}_{ij} - \bar{w}_{mj})}{a_j}} \text{ cuando hay pérdidas, es decir } \bar{w}_{ij} < \bar{w}_{mj} \quad (6)$$

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_j 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 (5). 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 (6).

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.

$$V_i = \sum_{m=1}^I \delta_{im} \quad (7)$$

2.3 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:

$$T = \frac{\bar{d}_{sr}}{S_{sr}/\sqrt{N}} \quad (8)$$

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 y conforme a Zanazzi y Gomes (2009), y a Gomes y Zanazzi (2010), se aplica la Tasa de Descubrimiento Falso, según la cual, el valor límite de p puede encontrarse haciendo:

$$p_{(l)} \leq \frac{\alpha}{L \sum_{m=1}^L \frac{1}{m}} \quad (9)$$

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 (9) 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.

3. PRESENTACIÓN DE LA FAMILIA DE MÉTODOS SMAA

Los métodos SMAA, surgidos en los años 90, conforman una familia de métodos diseñados especialmente para afrontar las situaciones en que no se disponen de valores exactos que representen las alternativas, criterios y preferencias del grupo.

Las diferentes variantes metodológicas afrontan cada una los diversos problemas de los métodos de Decisión Multicriterio Discreta, tal como valores inciertos, imprecisos o no existentes, es decir que explícitamente permiten modelar la incertidumbre.

El método SMAA, presentado por Lahdelma en 1998, aplica MAUT (Multiatributte Utility Theory), con el fin de elegir la mejor alternativa, esta teoría se aplica igualmente en SMAA-2 Lahdelma y Salminen, (2001), pero en este caso con la intención de establecer un ranking de alternativas.

Todas las aproximaciones que integran esta familia, utilizan diferentes indicadores para expresar los resultados. Estos índices se formulan mediante integrales multidimensionales.

En la práctica, se utiliza Simulación de Monte Carlo para computar las aproximaciones numéricas, lo cual representa una adecuada respuesta ante la falta de conocimiento de los criterios de medición y preferencias. De hecho, se trata de una estrategia de análisis inverso del espacio de factibilidad de los valores de los parámetros.

En 2007, Tervonen en su trabajo de Tesis Doctoral, presenta además los métodos SMAA-III y SMAA-TRI, surgidos como variantes del ELECTRE III (acrónimo francés de Elimination and Choice Expressing Reality) y ELECTRE TRI para su utilización con valores

imprecisos. Cabe recordar que los métodos ELECTRE se basan en valoraciones cardinales para definir umbrales de indiferencia y preferencias, considerando que pequeñas diferencias entre alternativas es indiferente para la toma de la decisión y diferencias que sobrepasan un determinado orden de magnitud no agregan valor a la misma.

El marco de la metodología SMAA está caracterizado por la resolución de un problema de decisión discreta considerando un conjunto de m alternativas (10) y evaluadas las alternativas según n criterios (11).

$$X = x_1, \dots, x_i, \dots, x_m \quad (10)$$

$$G = g_1, \dots, g_j, \dots, g_n \quad (11)$$

La evaluación de la acción x_i sobre el criterio g_j se escribe $g_j(x_i)$. El modelo considera múltiples decisores, cada uno de los cuales posee una estructura de preferencias que se representa mediante un vector de peso W y una función de utilidad $u(x_i, w)$ que posee una forma comúnmente aceptada, siendo la más utilizada la función de utilidad lineal (12).

$$u(x_i, w) = \sum_{j=1}^n w_j g_j(x_i) \quad (12)$$

Los pesos se asumen positivos y normalizados por lo tanto están definidos en el espacio siguiente:

$$W = \left\{ w \in \mathbb{R}^n : w \geq 0 \text{ y } \sum_{j=1}^n w_j = 1 \right\} \quad (13)$$

Los métodos SMAA se desarrollaron para situaciones en que los parámetros del modelo no se conocen con precisión suficiente. Esta característica es representada por variables estocásticas que corresponden a evaluaciones determinísticas de las funciones $g_j(x_i)$ con funciones de densidad.

La idea fundamental del SMAA es proveer soporte a las decisiones mediante el cálculo de tres medidas: el Índice de Aceptabilidad, el Vector de Peso Central y el Factor de Confianza.

El Índice de Aceptabilidad de una alternativa describe la combinación de diferentes valuaciones que hacen de dicha alternativa la

mas preferida, éste permite clasificarlas en alternativas eficientes ($a_i \neq 0$) o ineficientes ($a_i \approx 0$).

El Vector de Peso Central describe las preferencias de un decisor que apoya una alternativa según el modelo de preferencias elegido. Se utiliza en forma inversa para dar información a los decisores sobre qué esquema de preferencias hará que una alternativa sea la elegida.

El Factor de Confianza se define como la probabilidad de una alternativa para que sea la preferida con las preferencias representadas por sus respectivos Vectores de Peso Central. Si lo que se busca es elegir una alternativa confiable, las que posean un factor de confianza bajo no serán elegidas. El Factor de Confianza aumenta cuando se coleccionan datos sobre los criterios más exactos.

El Índice de Aceptabilidad del método SMAA original no permite establecer un orden de prioridades, sino clasificar las alternativas según si serán tenidas en cuenta en futuras consideraciones o no. En cambio SMAA-2 provee un ordenamiento sus medidas descriptivas: Índice de Aceptabilidad del Ordenamiento, los K-Indices con mejor ordenamiento y el Índice de Aceptabilidad Holístico el cual se utiliza cuando no media un analista entre el grupo y el problema a resolver, o bien cuando se utiliza una herramienta automática para la toma de decisiones.

Otras extensiones del método fueron desarrolladas por Lahdelma y Salminen, teniendo en cuenta criterios ordinales, criterios interdependientes, factores de confianza cruzados o los basados en el modelo por umbrales de indiferencia y preferencias.

4. EJEMPLO SIMULADO PARA POSIBILITAR LA COMPARACIÓN

Se considerará un problema donde un grupo de quince personas debe ordenar cuatro alternativas desde la mayor a la menor preferencia. Para el ordenamiento es preciso utilizar cuatro criterios.

Se supone además, que en su aproximación inicial el grupo no tiene acuerdos sobre la valoración de las alternativas respecto al primer criterio. La divergencia sobre la primera puede representarse con una distribución Uniforme, en el intervalo comprendido entre cero y un medio.

En cambio, tiene consensos naturales en la valoración de los restantes tres elementos, por lo que sus distribuciones son normales con desvío 0,05. Concretamente, las medias para cada criterio se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 1 Medias para los criterios dos, tres y cuatro

	A1	A2	A3	A4
Criterio 2	0,15	0,2	0,25	0,4
Criterio 3	0,15	0,4	0,15	0,3
Criterio 4	0,2	0,25	0,35	0,2

Con estas condiciones, el resultado que arroja el SMAA-2, se muestra en la Figura siguiente.

Figura 3 Salida del JSMAA para el ejemplo planteado



En la Figura, se advierte que la alternativa cuatro es superior a las restantes, dado que en el cuarenta por ciento de las simulaciones realizadas obtiene la primera ubicación. En este ordenamiento, le siguen las alternativa dos, tres y finalmente la uno.

Ahora bien, ante la misma situación, los Procesos DRV plantean que es necesario realizar nuevos análisis sobre el Criterio 1, que contribuyan a generar consenso en torno al mismo. Suponemos que después de una nueva ronda de análisis se logra un IVR menor a veinte centésimas y se obtienen distribuciones normales para las alternativas, con las siguientes medias:

Tabla 2 Medias para el criterio 1, una vez estabilizado el proceso

	A1	A2	A3	A4
Criterio 1	0,4	0,2	0,2	0,2

Por otro lado, los DRV requieren que se efectúe una comparación de los criterios. Se asume que el proceso de comparación se torna estable y que las distribuciones de las utilidades asignadas son normales, con medias 0,5; 0,15; 0,2; 0,15. En ese caso, al realizar la agregación por Ponderación Lineal las medias de las valoraciones globales para las cuatro alternativas, son las siguientes:

Tabla 3 Medias para las valoraciones globales

	Peso	A1	A2	A3	A4	Valor
Criterio 1	0,5	0,4	0,2	0,2	0,2	0,3
Criterio 2	0,15	0,15	0,2	0,25	0,4	0,2225
Criterio 3	0,15	0,15	0,4	0,15	0,3	0,2175
Criterio 4	0,2	0,2	0,25	0,35	0,2	0,23

Es decir que en esta aproximación la alternativa uno resulta ser la preferida. Por supuesto, la notable diferencia entre ambas clasificaciones no debería sorprender, dado que los requerimientos de información son diferentes.

5. RESUMEN DE LA COMPARACIÓN REALIZADA

A continuación, se intentará resumir tanto las semejanzas como las diferencias encontradas al realizar la comparación de las dos propuestas: SMAA y Procesos DRV.

Tabla 4 Comparación entre los métodos

Cuestión	SMAA	Procesos DRV
Tamaño del grupo	No tiene limitaciones	Supone un grupo de entre cinco y veinte personas
Representación de las utilidades	Variables aleatorias multidimensionales	
Datos faltantes	Puede trabajar aún cuando no todos los integrantes del grupo brinden sus juicios.	

Tabla 4 Comparación entre los métodos (continuación)

Cuestión	SMAA	Procesos DRV
Predisposición al riesgo	Uno de los métodos incorpora la Prospect Theory	La Prospect Theory se incorpora como posibilidad de agregación
Base conceptual	MAUT y Probabilidades	MAUT, Probabilidades y fundamentos de psicología y sociología
Información sobre los criterios	Es muy flexible. De hecho acepta que puede haber diferencias muy grandes entre los pesos individuales	Se considera fundamental. El método incluye una dinámica para acordar los pesos.
Información sobre las alternativas	Requiere conocer la distribución de probabilidad marginal de cada alternativa con cada criterio	Propone una dinámica para determinar la distribución marginal consensuada
Distribuciones de los Criterios	Uniformes	Normales
Distribuciones de las alternativas	Diversas distribuciones	Normales
Cantidad de cálculos	Se requiere simular una gran cantidad de situaciones posibles	Bajo requerimiento
Incertidumbre e imprecisión	Se preocupa por tomar la decisión pese a estos problemas	Se orienta a reducir las dos condiciones, a fin de que la decisión sea compartida
Aplicaciones	Deben utilizarse de manera completa para problemas de decisión	Puede utilizarse sólo la fase de estabilización, para mejorar la capacitación.

6. CONCLUSIONES

En este capítulo se analizan dos métodos que se orientan a tomar decisiones en grupo, cuando el problema de decisión se inscribe en el ámbito de la Decisión Multicriterio Discreta.

Existen evidentes coincidencias entre las dos aproximaciones, entre las cuales corresponde precisar el empleo de variables aleatorias multidimensionales para representar la variación de juicios entre los miembros. Además se advierte una preocupación por superar las dificultades propias de la decisión grupal, esto es, la incertidumbre, la imprecisión o la carencia de información proveniente de algunos miembros.

En cuanto a las diferencias, las mismas parecen evidentes a partir de los objetivos de cada método. En el caso de los SMAA la propuesta se orienta a facilitar la toma de decisiones pese a que no sea posible establecer acuerdos básicos entre los miembros del grupo.

En cambio los Procesos DRV consideran prioritario alcanzar estos acuerdos, en el supuesto que esta condición es indispensable para que los miembros respeten posteriormente la decisión tomada. De hecho, incorporan la fase de estabilización al sólo efecto de permitir el acercamiento de las posturas individuales.

REFERENCIAS

- Gomes, L. & Zanazzi, J.L. (2011): Análisis Multicriterio com Múltiples Decisores: Aplicación Combinada de los Métodos TODIM y Procesos DRV. *Revista de Administração do Gestor*, 2, 1, pp. 105-136.
- Kahneman, D. & Tversky, A. (1979): Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*, 47 (2), 263-291.
- Kersten, G. (1997): Support for Group Decisions and Negotiations- An Overview. In J. Climaco, editor, *Multicriteria Analysis*, pages 332-346. Springer- Verlag.
- Lahdelma, R., Hokkanen, J. & Salminen, P. (1998): Stochastic Multiobjective Acceptability Analysis. *European Journal of Operational Research*, 106, pp. 137-143.
- Lahdelma, R., Miettinen, K. y Salminen, P. (2003): Ordinal criteria in stochastic multicriteria acceptability analysis (SMAA). *European Journal of Operational Research*, 147, pp. 117-127.
- Lahdelma, R. & Salminen, P. (2001): SMAA-2: Stochastic multicriteria acceptability analysis for group decision making. *Operations Research*, 49 (3), pp. 444-454.

- Lahdelma, R. & Salminen P. (2009): Prospect theory and stochastic multicriteria acceptability analysis (SMAA). *Omega*, 37, pp 961-971.
- Saaty, T. (1996). *Decision making for leaders: the analytic hierarchy process in a complex world*. 3d. Ed. RWS Publications, Pittsburg. USA.
- 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.

INDICADOR GLOBAL DE SEGUIMIENTO PARA UNA BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

ZANAZZI JOSÉ LUIS

ZANAZZI JOSÉ FRANCISCO

DIMITROFF, MAGDALENA

CONFORTE, JOSÉ

BOAGLIO, LAURA

Palabras Clave: Bibliotecas- Indicadores- Decisiones en grupo-Procesos DRV

1. INTRODUCCIÓN

En esta sección se desarrolla una experiencia que posibilita la construcción de un indicador orientado a realizar un seguimiento general de la gestión de una biblioteca universitaria.

Entre las características distintivas de esta aplicación, se destaca el hecho de que el indicador construido es de tipo compuesto y que los correspondientes ponderadores se obtienen mediante ejercicios grupales. En la construcción se aplica un método, denominado Procesos DRV, que facilita las actividades de toma de decisiones en grupo y se utilizan conceptos de la Decisión Multicriterio Discreta (DMD). Además, se contemplan elementos de estadística descriptiva y de cartas de control para representar los resultados. Las metodologías empleadas permiten, en esta aplicación particular realizada conjuntamente con personal de la organización, reducir la variabilidad imperante en las opiniones a un veinte por ciento de sus niveles originales.

Es sabido que la gestión adecuada de las bibliotecas es una cuestión que moviliza de manera indiscutible a los profesionales del sector. Como evidencia de este interés, existen una gran variedad de libros, revistas especializadas y encuentros científicos orientados a esta problemática.

Uno de los tópicos salientes es el uso de indicadores, requeridos tanto para mejorar la gestión como para hacer evidente el valor de sus actividades, tanto dentro como fuera de las Universidades (Bustos-González, 2007). En la Universidad Nacional de Córdoba, se destaca en

este sentido la Biblioteca Mayor, entidad en la cual se desarrolló la presente aplicación.

La Biblioteca Mayor se diferencia entre sus pares por diversas cuestiones, como su larga historia (más de trescientos años) y el reconocimiento obtenido en el plano nacional e internacional. Por otra parte, esta entidad desarrolla en el año 2005 un Sistema de Gestión de Calidad, el cual es certificado bajo normas ISO 9001-2000 y posteriormente adecuado a las ISO 9001-2008.

Entre los requisitos de la referida normativa se encuentra la obligación de que las instituciones operen con indicadores de satisfacción del usuario. De hecho, la entidad ha utilizado varios índices con esta finalidad. En el ejercicio que se discute en esta ponencia, se busca desarrollar una medida que globalice las cuestiones consideradas claves en el plan de la entidad, en tanto que represente la percepción de las personas que trabajan en la misma.

En cuanto a la metodología utilizada para conducir la tarea, se aplican ejercicios habituales de los sistemas de calidad, para identificar y definir las necesidades de los usuarios de la Biblioteca. Luego se ponderan estas necesidades mediante el procedimiento de estabilización del método DMD grupal denominado: Procesos DRV (Decisión con Reducción de Variabilidad).

Para evaluar la correlación entre los indicadores adoptados en la biblioteca y cada uno de los requisitos identificados del cliente, los dependientes de la entidad aplicaron una función de utilidad. Estas valoraciones se sintetizan en un valor único utilizando la media geométrica. Luego se obtienen pesos para cada indicador, considerando el requerimiento del usuario que el mismo evalúa y la relación anterior.

Posteriormente se construye el indicador como un producto ponderado de los pesos asignados a cada índice y los valores registrados por los mismos en cada mes. Los resultados obtenidos se representan mediante cartas de control del tipo valores individuales y rangos móviles.

Por otro lado, cabe señalar que este texto se origina en una ponencia presentada en el marco de la Reunión Científica denominada XXV ENDIO-XXIII EPIO realizada en la sede de la Universidad Nacional de Buenos Aires en la ciudad de Buenos Aires, durante el año 2012. En este contexto la ponencia es sometida a referato y aceptada por la Comisión Científica evaluadora de EPIO (Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa).

Respecto a la posterior organización de este texto, en principio y a continuación se formula una recopilación de algunos antecedentes

bibliográficos considerados relevantes y una breve descripción de la metodología Procesos DRV. En el desarrollo propiamente dicho se presenta el modo en que se identificaron y evaluaron las necesidades de los usuarios, luego los resultados obtenidos al correlacionar necesidades con indicadores, posteriormente se reproducen los resultados generales y se finaliza con una valoración sobre la importancia del ejercicio realizado.

1.1 Antecedentes bibliográficos relevantes

Son numerosos los artículos y textos orientados a evaluar el problema de encontrar buenos indicadores de gestión para bibliotecas. El texto de Bustos-González (2007), por ejemplo, analiza los indicadores de uso frecuente y efectúa un análisis crítico del sistema en su conjunto.

En cuanto a sistemas de gestión de calidad en bibliotecas, se han realizado variadas experiencias a nivel internacional. Diversos textos se orientan a interpretar las Normas ISO 9001 y a establecer directrices para su implementación (Moreno Jiménez y Calva González, 2005)

Algunos de los principios claves de los sistemas de gestión de calidad requieren que la conducción se realice por liderazgos y que se estimule el compromiso de las personas. Por supuesto, diversos textos se orientan a presentar métodos orientados al apoyo de las tareas grupales (Gryna et al, 2007).

Respecto a herramientas para facilitar la toma de decisiones en grupos de trabajo, la literatura especializada propone diversos procedimientos para arribar a soluciones aceptables. Una postura difundida, aunque no siempre bien justificada, es la agregación de los juicios o preferencias individuales mediante la aplicación de la media geométrica (Foreman y Peniwatti, 1998).

Sin embargo otras aproximaciones analizan con mayor profundidad el problema y reconocen, entre otras particularidades de los procesos de decisión grupal, que los mismos se encuentran afectados por el ruido presente en la información. Este ruido se origina en la imprecisión, la incertidumbre o directamente en la carencia de datos.

Algunos métodos consideran esta dificultad desde su planteo inicial. Por ejemplo, el método VIP (Díaz y Clímaco, 2005), considera no solo que el ruido afecta sensiblemente el proceso, sino también que a nivel grupal es muy importante controlar los pesos de los criterios. Por ese motivo, apela a formular el proceso de decisión con programas lineales que en sus restricciones consideran el ruido que puede afectar a estos pesos.

Por su parte, el método Procesos DRV (Zanazzi y Gomez, 2009), se orienta a reducir el ruido en todos los niveles de información del proceso, antes de proceder a la agregación. El método tiene tres fases: estabilización, agregación y ordenamiento. La primera de estas etapas es la orientada a reducir la variabilidad en general, lo cual incluye a la incertidumbre y la imprecisión.

1.2 Presentación de los Procesos DRV

Los Procesos DRV asumen que los miembros tienen objetivos comunes, es decir que se trata de un caso de “Group Decision Making” (GDM), conforme a la definición de Kersten (1997). Por otra parte se acepta que el grupo es capaz de identificar y definir las alternativas, además de adoptar en conjunto los criterios necesarios para su análisis.

Entre sus características distintivas, 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. A los efectos de este trabajo, resulta conveniente efectuar un resumen de los aspectos centrales de la primera fase.

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, que permita visualizar cada uno de los subproblemas conformados por elementos de decisión (criterios y alternativas) de distintos niveles. Una vez construido el árbol, el método conduce al análisis de cada uno de estos subproblemas, a fin de hacer valoraciones relativas.

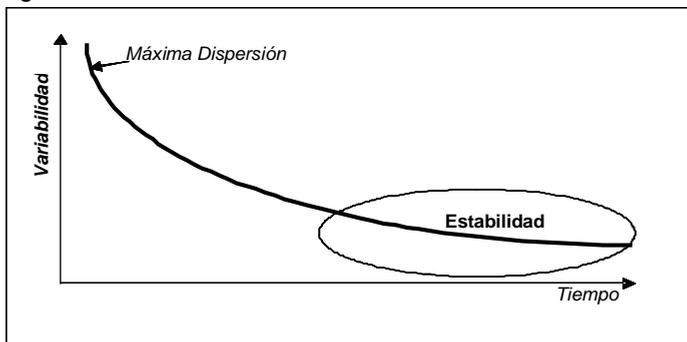
Cuando las apariencias hacen pensar que los integrantes logran desarrollar una visión común acerca del subproblema bajo estudio, el método requiere que se realice una asignación de utilidades a los elementos que lo componen. Dicha asignación es una tarea individual y se efectúa del mismo modo, tanto para los criterios como para las alternativas.

Entre los supuestos fundamentales del método se encuentra el hecho de que si los miembros conforman realmente un grupo con objetivos y valores compartidos, entonces no pueden existir enormes

diferencias entre sus opiniones y preferencias. Por ese motivo, esta aproximación incluye una dinámica orientada a reducir la variabilidad de las utilidades asignadas, hasta arribar a una situación de estabilidad, donde aún cuando el trabajo de análisis se continúe, las posturas individuales ya no pueden cambiar de modo significativo.

La reducción de esta variabilidad se logra en general mediante uno o dos ciclos de análisis. La evolución de la suma de cuadrados de las utilidades asignadas se representa en la Figura 1, que se agrega a continuación.

Figura 1. Disminución de la variabilidad en función del tiempo



En el estado estable, la variable aleatoria puede ser entendida como una suma de muchos efectos, con intensidades similares. Con esa base, la variabilidad residual en las valoraciones tanto de las alternativas como de los criterios, debe poder ser representada por una distribución Normal (cuando el grupo presenta cohesión), o por dos o tres normales (cuando subsisten diferencias irreconciliables).

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

$$IVR = (SCD/SCU) * 100\% \quad (1)$$

Donde *SCD* es la variabilidad residual, después de una fase de análisis y *SCU* es representada por la distribución uniforme y refleja una situación de total desacuerdo. En la práctica, puede suponerse que valores de *IVR* por debajo de veinticinco por ciento, son propios de la estabilidad.

2. DESARROLLO

2.1 Identificación de necesidades de usuarios y su ponderación

En la Biblioteca se había identificado previamente a los usuarios y se investigaron sus requerimientos. Sin embargo, es conveniente renovar periódicamente estas cuestiones. Para ello se planteó un ejercicio grupal destinado a una nueva especificación y definición de las necesidades. En este taller participaron doce personas, las cuales tienen habitualmente funciones de liderazgo dentro de la entidad. El producto de esa tarea se reproduce en la Tabla 1.

A continuación, se aplicó la fase de estabilización de los Procesos DRV (Zanazzi y Gomez, 2009), a fin de ponderar las necesidades y distinguir niveles de prioridades en las mismas. Con esa finalidad, los participantes asignaron utilidades a los requerimientos de los usuarios, en forma individual.

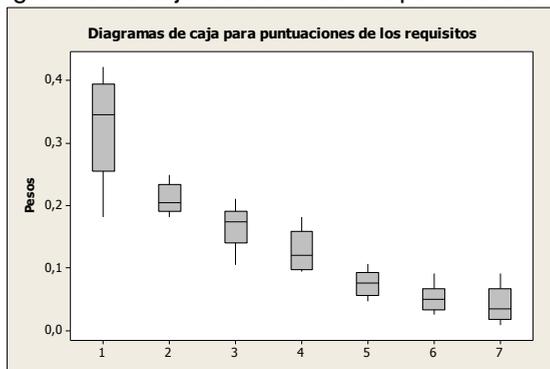
En realidad, fue necesario realizar tres aproximaciones diferentes, hasta alcanzar la estabilidad. En la primera, el Índice de Variabilidad Remanente (*IVR*), obtenido fue de 1,004, lo cual permite suponer que inicialmente existía una notable dispersión en las percepciones. Cabe recordar que el indicador *IVR* compara las sumas de cuadrados de las utilidades estandarizadas, que efectivamente asignó el grupo, con las que se obtendrían en una situación de completa falta de acuerdo.

Por ese motivo se realizaron ejercicios adicionales tendientes a definir en conjunto el significado y las implicancias de estas cuestiones. En la segunda asignación de utilidades se obtuvo un *IVR* de 0,31. En especial, la disparidad en la valoración de importancias relativas quedó evidenciada en la comparación de cuestiones como el acceso a la información, el desarrollo de colecciones y la conservación de las mismas.

Finalmente, luego de un análisis más fino, la tercera ronda arrojó un *IVR* de 0,20, lo cual se considera aceptable. La siguiente tabla enumera las necesidades que tienen los usuarios del servicio, conforme a lo detectado hasta el momento por la Biblioteca y los pesos asignados en el estado estable del proceso de análisis.

La Figura 2 permite analizar los diagramas de caja de las muestras obtenidas para cada necesidad del usuario. Se observa que persiste una variación importante en las utilidades que asignan importancia a las necesidades de los usuarios. Sin embargo, dado que el *IVR* es razonable y que existen restricciones de tiempo, se resuelve adoptar los promedios de los valores obtenidos.

Figura 2. Diagramas de caja de las muestras por necesidad del usuario



Es preciso destacar que la variabilidad global en esta tercera fase del trabajo, es el 20% de la variación inicial. En estas condiciones, puede considerarse satisfactorio el análisis de los requisitos.

2.2 Correlación de las Necesidades con Indicadores

De acuerdo a los planes de seguimiento de indicadores de la Biblioteca, se opera con indicadores directivos y con indicadores operativos. Los primeros permiten efectuar el seguimiento de los objetivos planteados desde la Dirección. En cambio, los segundos, están orientados a evaluar los procesos y los servicios que se ofrecen.

En opinión de la comunidad de la Biblioteca, sobre la satisfacción del usuario influyen todas las actividades que se realizan en la entidad. Con esa lógica, la totalidad de las mediciones realizadas puede proveer información valiosa para una valoración global.

Sin embargo, parece posible identificar grupos de indicadores que se correlacionan mejor con las diferentes necesidades. Por ejemplo, algunas medidas reflejan mejor el modo en que el usuario percibe la atención recibida y otras, permiten valorar el impacto que la política de desarrollo de colecciones genera en los asistentes a la entidad.

Por ese motivo, se planteo un ejercicio en el que participaron las mismas personas que intervinieron en la fase inicial. En esta segunda etapa se requirió que cada uno de los participantes vinculara las necesidades de los usuarios con los indicadores adoptados y que valorara el nivel de relación existente.

Para la valoración se utilizó una escala definida entre uno y nueve, donde el uno implica que la relación es débil, en tanto que el 9 indica que

es muy fuerte. Los resultados obtenidos se ordenaron en una matriz como se muestra en la Tabla 1.

Cabe señalar que conforme a esta Tabla 1, el participante 1 considera que las actividades de capacitación impactan fuertemente en la atención que se brinda al usuario, en tanto que el porcentaje de material perdido afecta la posibilidad de acceso a la información de los visitantes de la Biblioteca. Debe notarse además, que las puntuaciones asignadas pueden ser muy diferentes de un participante a otro.

Tabla 1. Valoraciones para las relaciones Necesidad – Indicador

	Participante 1							Participante 2						
	At	Ac	De	Pr	Co	Te	Am	At	Ac	De	Pr	Co	Te	Am
Grado usuario satisfacción	9	1	1	1	1	1	3	9	1	1	1	1	1	1
Porcentaje servicios exit.	7	3	1	1	3	1	1	9	6	1	1	6	1	1
Capacitación	9	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1	1
Promedio de llegadas tarde	9	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1	1
Días no trab.	9	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1	1
Cantidad de material extr.	1	9	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1
Porcentaje de material perd.	1	9	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1
Porcentaje de mal cargados	1	9	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1
Búsquedas no resueltas	1	9	1	3	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1
Tiempo entre recep-ubicac	1	9	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1

En esta aplicación no parece factible realizar un proceso de estabilización que permita reducir la variabilidad, por que debería hacerse una aplicación por cada uno de los treinta indicadores que opera la entidad. Por ese motivo, se determinaron las medias geométricas de los juicios aportados por los participantes (Foreman y Peniwati, 1998). De este modo se obtienen los valores reflejados en la Tabla 2.

Tabla 2 Medias geométricas para la relación Necesidad – Indicador

	At	Ac	De	Pr	Co	Te	Am
Grado usuario satisfacción	9,0	3,7	3,4	2,6	3,2	3,0	5,6
Porcentaje servicios exitosos	7,8	7,0	2,6	1,8	4,3	2,4	1,3
Capacitación	8,0	3,1	2,1	2,6	2,7	1,6	1,2
Presupuesto per cápita	7,0	1,7	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Días no trabajados	8,1	2,2	1,4	1,3	1,2	1,2	1,2
Cantidad de materiales ingr.	2,2	8,2	1,9	1,7	1,3	1,3	1,3
Adquisición de bibliografía	2,6	8,3	1,7	1,8	1,2	1,1	1,1
Costo por usuario	2,6	8,5	2,2	1,3	1,4	1,3	1,1
Búsquedas no resueltas	3,0	8,2	1,4	4,7	1,5	1,3	1,1
Grado avance presupuesto	2,9	7,7	1,3	1,3	1,5	1,5	1,1

2.3 Cálculo del Indicador

Con la finalidad de facilitar el cálculo, en los siguientes pasos se consideraron las cinco mayores relaciones para cada una de las necesidades del usuario. Esto es, para valorar el modo en que evoluciona la Atención, por ejemplo, se toman en cuenta los primeros cinco indicadores de la lista, porque son los que tienen los mayores puntajes.

Luego se estandarizan las puntuaciones, aplicando la regla de la suma por columna y se obtiene un peso global para cada indicador, con una regla equivalente a la ponderación lineal. La Tabla 3 refleja algunos de los valores obtenidos, no se presenta la tabla completa por razones de espacio.

Tabla 3. Pesos globales para cada Indicador

Indicador	Ponderador
Grado de satisfacción de usuarios	0,0809
Porcentaje de servicios exitosos	0,1008
Capacitación	0,0612
Promedio de llegadas tarde	0,0537
Días no trabajados	0,0620
Cantidad de material extraviado transitoriamente	0,0231

Una cuestión diferente es la operación de los valores observados de los indicadores, debido a que tienen magnitudes muy distintas. Un indicador como Porcentaje de Servicios Exitosos toma valores entre cero y uno, en cambio, Presupuesto per Cápita adquiere valores entre cero y diez.

Con la finalidad de estandarizar esta información en una escala común, se determinan umbrales máximos para cada indicador (X_j), donde el supraíndice indica que se trata del número j . Por otra parte se clasifica a los indicadores en dos tipos diferentes:

- Mayor es mejor: válido para observaciones donde se busca maximizar, como por ejemplo: Porcentaje de servicios exitosos.
- Menor es mejor: aplicable cuando se intenta minimizar, como por ejemplo: Cantidad de material extraviado transitoriamente.

Para estandarizar el indicador número j que corresponde al tipo mayor es mejor, se hace:

$$u_j = x_j / X_j \quad (2)$$

En cambio, para estandarizar un indicador del segundo tipo, se aplica una operatoria que permite transformar el dato hacia una forma cuyo objetivo sea maximizar. Para ello se calcula:

$$u_j = (X_j - x_j) / X_j \quad (3)$$

En las expresiones anteriores, x_j denota al valor del indicador número j , tal como fue observado.

Una vez estandarizados los datos, el siguiente paso es la obtención del Indicador Global mediante ponderación lineal, con la siguiente expresión:

$$I = \left(\sum_j w_j \times u_j \right) \times 1000 \quad (4)$$

Donde w_j es el peso asignado al indicador j , en tanto que u_j es el valor estandarizado del mismo indicador. Por otra parte, este cálculo se realiza para cada mes, es decir, hay un valor para Abril, otro para Mayo y así sucesivamente.

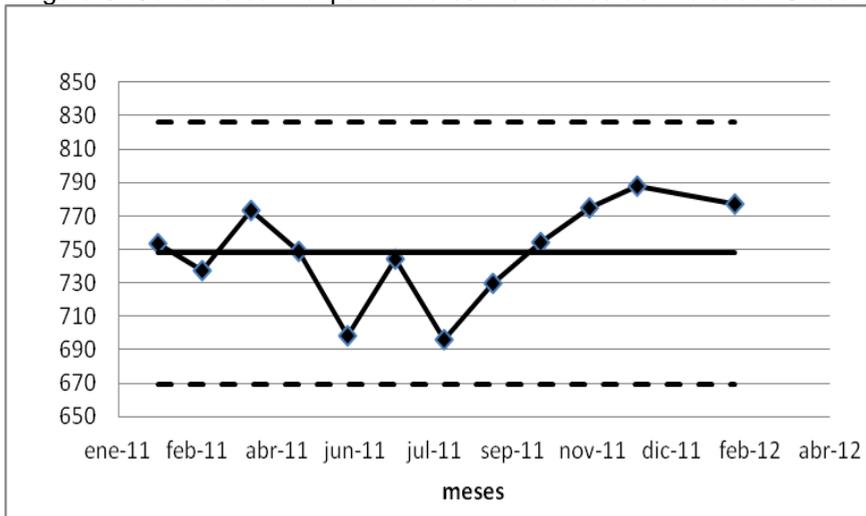
Los valores correspondientes al periodo Febrero 2011 a Febrero 2012 se han reproducen en la Tabla 4.

Tabla 4. Valores obtenidos para el Indicador Global

Feb1	Mar1	Abr1	May1	Jun1	Jul1	Ago1	Sep1	Oct1	Nov1	Dic1	Feb2
753	737	773	749	698	744	696	730	754	775	788	777

Con la finalidad de estimular y facilitar el análisis, es posible analizar dichos valores con una carta de control de valores individuales y rangos móviles como se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Carta de control para valores mensuales del Indicador Global



La tabla anterior y en especial el gráfico, pueden ofrecer una retroalimentación adecuada para los roles directivos de la entidad. En efecto, si los valores se monitorean mensualmente y se analizan de inmediato las tendencias, la Dirección de la Biblioteca puede reaccionar de manera conveniente ante valores tan bajos como los de los meses de Junio y Agosto. En cambio, la tendencia de los últimos meses del año debería ser aprovechada para consolidar las mejoras.

3. CONCLUSIONES

Se describe una actividad desarrollada en una Biblioteca universitaria, orientada a lograr un indicador de tipo global que permita resumir la marcha de la misma. En el ejercicio se utilizan en forma combinada, elementos de un método de toma de decisiones en grupo denominado Procesos DRV, conceptos propios de la Teoría de la Utilidad Multiatributo Aditiva y elementos básicos de Estadística, como herramientas descriptivas y cartas de control.

Sin lugar a dudas, toda entidad que desee consolidar un sistema de gestión de calidad debe identificar y valorar las necesidades de sus

clientes. Por ese motivo, la Biblioteca donde se desarrolla la experiencia había realizado múltiples y variados ejercicios de orientación al usuario, en su adaptación previa a los requisitos de la Norma ISO 9001.

Sin embargo, pese a trabajar sobre una cuestión largamente analizada, la aplicación de la fase de estabilización de los Procesos DRV permitió detectar que subsistían diferencias importantes en las percepciones y valoraciones de los dependientes con funciones de liderazgo. De hecho, fue posible reducir la dispersión de los valores a un veinte por ciento de su nivel original.

Conforme a la concepción del método utilizado, el ejercicio debe haber generado una importante mejora en el nivel de conocimiento compartido y en el fortalecimiento de la cultura organizacional. Más aún, es razonable esperar incrementos en los niveles de compromiso que tienen los participantes.

Por otra parte, se propuso una formulación para el indicador y se lo calculó para varios meses de actividad. Se logró además, una buena representación gráfica mediante el uso de una carta de control. Estos logros invitan a suponer que la Biblioteca va a estar en condiciones de actualizar periódicamente los valores del indicador y que puede aprovechar dicha información para retroalimentar de manera efectiva sus procesos internos.

Sin embargo, esta posibilidad no ha sido debidamente validada hasta el momento. Por ese motivo, es necesario realizar un seguimiento de la entidad, hasta verificar la verdadera potencia del indicador implementado.

Otra cuestión que merece atención en el futuro, es el modo de conectar una posible señal de no conformidad en el indicador, como puede ser una significativa reducción, con las causas que generan esa desviación. En esta cuestión, parece interesante agrupar los indicadores particulares en pequeños conjuntos que sintetizen las dimensiones relevantes para la gestión.

REFERENCIAS

- Bustos-González A. (2007): Bibliotecas universitarias: ¿sabemos medir sus resultados e impactos?. *El Profesional de la Información*, vol. 16, 4, pp. 281-286.
- Dias, L. y Clímaco, J. (2005): Dealing with imprecise information in group multicriteria decisions: a methodology and a GDSS architecture. *European Journal of Operational Research*, 160, pp. 291-307.

- Forman E. y Peniwati, K. (1998): Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 108(1998), pp. 165-169.
- Gryna F., Chua R. y Defeo J. (2007): Método Juran. Análisis y planeación de la calidad. McGraw-Hill, New York.
- Kerster, G. (1997): Support for Group Decisions and Negotiations- An Overview. In J. Climaco, editor, *Multicriteria Analysis*, pp 332-346. Springer- Verlag.
- Moreno Jiménez D. y Calva González J. (2005): Interpretación de la norma ISO 9001;2000 para obtener el certificado de calidad en bibliotecas (2005). Colegio Nacional de Bibliotecarios, México.
- Zanazzi, J.L. y Gomes, L.F.A.M., (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.

LA CONSTRUCCIÓN DEL CONSENSO EN EL TRABAJO EN EQUIPO. UNA APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA

DANIEL PONTELLI

JOSÉ LUIS ZANAZZI

JOSÉ CONFORTE

MAGDALENA DIMITROFF

ALICIA SALAMON

Palabras Clave: Trabajo en Equipo, Consenso, Reducción de la Variabilidad

1. INTRODUCCIÓN

En las actuales organizaciones es indiscutible la conveniencia del trabajo en equipo. Sin embargo, es importante destacar que un grupo de personas puede o no conformar un equipo de trabajo, esto porque un equipo se caracteriza por desarrollar un desempeño colectivo en torno a metas, generar una sinergia positiva y potenciar capacidades. Características que requieren de aprendizajes específicos para ser adquiridas.

En efecto, no es tarea fácil lograr que un grupo de personas se conforme en un equipo de trabajo efectivo. Diversos autores reconocen que existen dificultades para concretar un desarrollo eficiente de las actividades grupales. Comentarios al respecto pueden encontrarse tanto en artículos especializados como en libros a nivel de grado y/o posgrado. Puede recordarse por ejemplo a Robbins y Coulter (2000); o al mismo Gibson (2001).

Es conveniente entonces, recurrir a herramientas que faciliten la construcción de consensos y que permitan evaluar la marcha de este proceso como así también cuándo se ha arribado a una situación aceptable en términos del acuerdo logrado.

En este sentido, la metodología Procesos DRV (Decisión con Reducción de la Variabilidad), es una herramienta que permite conducir el trabajo grupal y evaluar la evolución de los consensos obtenidos. El

presente trabajo presenta una aplicación real de esta metodología denominada Procesos DRV en una planta productora de medicamentos de la Ciudad de Córdoba.

Como miembros del Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial (LIMI) de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (Área Ingeniería) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), los autores se proponen un doble objetivo: colaborar en el diseño de un plan de mantenimiento utilizando la herramienta de gestión llamada Reliability Centred Maintenance (RCM) o mantenimiento centrado en la confiabilidad y, como metodología para lograr el primero, aplicar herramientas propias de la Decisión Multicriterio Discreta, particularmente los Procesos DRV, para construir un instrumento que permita colaborar con el desarrollo de un Programa de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad que resulte del consenso de los distintos sectores involucrados en el proceso productivo.

Esta técnica permite realizar un análisis sistemático sobre cualquier equipamiento con el fin de desarrollar un plan eficiente de manutención. Así se procura hacer foco en las funciones que desarrollan los equipos y evaluar los impactos que tienen los incumplimientos de aquellas en el proceso. El RCM no es un método de aplicación masiva en toda la maquinaria, sino selectiva, según la criticidad del equipo. Se hace necesaria una clasificación de equipos que permita, establecer un orden de prioridades de intervención y de asignación de recursos. Para que esta evaluación sea aceptada es necesario consensuar todas las opiniones de los participantes. En la búsqueda de este acuerdo y en el ordenamiento de los equipos es donde se aplican los Procesos DRV, que orientan la discusión, informan acerca de la variabilidad en los posicionamientos de los participantes y ordenan los resultados.

Esta metodología de apoyo a la toma de decisiones, fue presentada en diversos trabajos por los mismos autores, (Zanazzi y otros, 2006) (Zanazzi y Gomes, 2009) y (Gomes y Zanazzi, 2010). También se han realizado aplicaciones en diversas situaciones en las que existen diversas alternativas entre las cuales decidir, como así también varios criterios a tener en cuenta, a lo que se agrega que la decisión final está a cargo de un equipo de trabajo y no de un decisor individual.

El presente artículo reconoce como base una ponencia presentada en el Encuentro Nacional de Docentes de Investigación Operativa (ENDIO), realizado en el año 2012 en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, dicho trabajo, fue evaluado y aceptado para su publicación en los Anales del Encuentro.

En primer término se describen los Procesos DRV en líneas generales a fin de introducir al lector no familiarizado en el tema. A continuación se presentan conceptos básicos de RCM de modo que sea posible interpretar rápidamente el significado del trabajo realizado. A continuación se analiza la situación en que se encuentra la planta en relación al problema que es motivo de estudio. Se describe el proceso seguido para el trabajo grupal: selección de criterios y alternativas y valoraciones asignadas por los participantes. Se analizan los resultados que se van obteniendo hasta llegar al consenso y se presenta el Índice de Criticidad obtenido. Finalmente se concluye sobre los aportes de esta metodología, no solo al objetivo relacionado con la elaboración de un plan de mantenimiento si no también a la construcción efectiva de un equipo de trabajo.

2. EL TRABAJO EN EQUIPO. LOS PROCESOS DRV.

2.1. Generalidades

Ya se mencionó que el trabajo en equipo tiene dificultades dado que no es una actividad natural para el ser humano. En efecto, las personas necesitan diferenciarse, lo que contribuye a incrementar las fricciones internas.

Según Krieger, pueden presentarse desviaciones indeseables en estas prácticas. Por una parte, él o los líderes pueden imponer sus puntos de vista y establecer de este modo un freno a los aportes del grupo. Por la otra, los individuos tienen distintas percepciones e intereses, con lo que se torna difícil la integración (Krieger, 2001).

Con respecto al aprendizaje en equipo: Senge P (1996), señala que "...hay sorprendentes ejemplos donde la inteligencia del equipo supera la inteligencia de sus integrantes, y donde los equipos desarrollan aptitudes extraordinarias para la acción coordinada. Cuando los equipos aprenden de veras, no sólo generan resultados extraordinarios sino que sus integrantes crecen con mayor rapidez. La disciplina del aprendizaje en equipo comienza con el "diálogo", la capacidad de los miembros del equipo para "suspender los supuestos" e ingresar en un auténtico "pensamiento conjunto"."

Aceptada la conveniencia del trabajo, es necesario entonces desarrollar acciones que lleven a superar los inconvenientes que pudiera acarrear el trabajo en equipo y a su vez sean útiles para generar compromiso con la tarea por parte de los participantes. Los métodos que aporta la Decisión Multicriterio Discreta han probado su utilidad en esta tarea.

La metodología denominada Procesos DRV parte del supuesto de que el equipo de personas tiene objetivos comunes, es decir que se trata de un caso de “*Group Decision Making*” (GDM) (Kersten, 1997). Además considera que el grupo se encuentra en condiciones de identificar y definir las alternativas y 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.

Se reconocen en la estructura del método tres etapas:

- Estabilización o período de búsqueda de consenso;
- Agregación de preferencias y
- Ordenamiento final de las alternativas.

A continuación, se destacan los aspectos centrales de cada fase.

2.2. Búsqueda del consenso

La toma de decisiones en un grupo de trabajo supone que los participantes comparten ciertos campos como pueden ser los de los objetivos de la decisión que deben adoptar y también de ciertas reglas propias del espacio compartido. Esto permite construir un árbol de decisión con sus alternativas y criterios y además realizar sus valoraciones.

Cuando las apariencias hacen pensar que los integrantes logran desarrollar una visión común acerca del sub problema bajo estudio, el método requiere que se realice una asignación de utilidades a los elementos que lo componen. Dicha asignación es una tarea individual y puede efectuarse del mismo modo, tanto para los criterios como para las alternativas.

Aún cuando exista esta visión común sobre el problema abordado por el grupo existen disidencia, sobre todo en las primeras etapas de abordaje del problema. Resulta necesario evaluar esta variabilidad y disminuirla hasta llegar a niveles aceptables. La metodología Procesos DRV propone la valoración de un índice, el Índice de Variabilidad Remanente (IVR), que evalúa estas divergencias y permite decidir en qué momento se ha arribado a un estado de consenso aceptable.

El IVR se construye a partir de la comparación de dos diferencias de cuadrados, por un lado la diferencia de cuadrados existente entre las

valoraciones asignadas por los participantes y la diferencia de cuadrados de una Distribución Uniforme (ecuación 1). Conforme este índice adopte menores valores, mayor es la concordancia entre los participantes del proceso de decisión.

$$IVR = (SCD/SCU)\% \quad (1)$$

Donde SCD es la variabilidad residual, después de una fase de análisis y SCU es representada por la distribución uniforme y refleja una situación de total desacuerdo.

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

Como ya se mencionó, entre los supuestos fundamentales del método se encuentra el hecho de que si los miembros conforman realmente un grupo con objetivos y valores compartidos, entonces no pueden existir grandes diferencias entre sus opiniones y preferencias. Por ese motivo el método tiene una dinámica orientada a reducir la variabilidad de las utilidades asignadas, hasta arribar a una situación de estabilidad, donde aún cuando el trabajo de análisis se continúe, las posturas individuales ya no pueden cambiar de modo significativo.

En el estado estable, la variable aleatoria puede ser entendida como una suma de muchos efectos, con intensidades similares. Con esa base, la variabilidad residual en las valoraciones tanto de las alternativas como de los criterios, debe poder ser representada por una distribución Normal (cuando el grupo presenta cohesión), o por dos o tres normales (cuando subsisten diferencias irreconciliables).

En síntesis, dos herramientas (la verificación de normalidad y el valor adoptado por el IVR) contribuyen a decidir se se ha arribado a la estabilidad buscada o es necesario retomar la discusión y profundizar el análisis.

2.3. Agregación

Una vez que se ha completado el análisis del árbol de decisión y se alcanzado 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, las valoraciones globales para las alternativas se representan con una nueva variable aleatoria multidimensional V , la cual se define según la ecuación 2.

$$V_i = \sum_{j=1}^J C_j * W_{ij} \quad (2)$$

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, en Zanazzi y otros, (2006) y Zanazzi y Gomez (2009), se demuestra que cuando se aplica ponderación lineal, las valoraciones globales V_i de las alternativas, pueden ser representadas con una distribución normal multivariada.

Con respecto a la modalidad de agregación TODIM, ésta 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*), presentada en Kahneman y Tversky, (1979) y se explica de manera extensiva en Gomes y Zanazzi (2010).

La modalidad 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 expresión (3).

$$\delta_{im} = \sum_{j=1}^J \Phi(i, m) \quad \text{para todo } 1 \leq i \leq I, 1 \leq m \leq I \quad (3)$$

donde:

$$\Phi(i, m) = 0 \text{ cuando } i = m \quad (4)$$

$$\Phi(i, m) = \sqrt{\frac{a_{rj} (\bar{w}_{ij} - \bar{w}_{mj})}{\sum_{j=1}^J a_{rj}}} \text{ cuando hay ganancias} \quad (5)$$

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 substitución 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 (5). 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 (6).

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 según la expresión (7).

$$V_i = \sum_{m=1}^I \delta_{im} \quad (7)$$

2.4. 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

Sea pues 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:

$$T = \frac{\overline{d}_{sr}}{S_{sr}/\sqrt{N}} \quad (8)$$

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 y conforme a Zanazzi y Gomez, (2009) y a Gomes y Zanazzi, (2010), se aplica la Tasa de Falso Descubrimiento de Benjamini y Holchberg (1995), según la cual, el valor límite de p puede encontrarse haciendo:

$$p_{(l)} \leq \frac{\alpha}{L \sum_{m=1}^L \frac{1}{m}} \quad (9)$$

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 (9) 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.

3. MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM es una forma de gestionar los activos industriales con una perspectiva distinta a la manera tradicional. El RCM, con base en un esquema estructurado y enfoque de sistema, plantea la importancia de realizar un mantenimiento racional, en sintonía con la *lean production* (producción ajustada). Para ello analiza los modos de falla de los equipos partiendo del concepto de función. Es así que cada componente o sub sistema de un equipo tiene una función que cumplir de acuerdo a su diseño y la falla no es más que el no cumplimiento de esa función. Pero cada componente puede fallar de distinta manera, y es por eso que en este método se habla de modo de falla. Se trata de analizar los efectos que cada falla provoca y se

evalúan los impactos en la seguridad ocupacional, en el ambiente, la operación y en los costos.

El RCM propone un modo lógico de identificar lo que el equipo o las instalaciones requieren para actuar preventivamente en vez de dejar que una falla provoque pérdidas. Es común que, en ciertas organizaciones, este último modo de obrar sea frecuente, pero no debe ser aceptado, o al menos permitido en valores bajos, ya que muestra una postura poco comprometida si se aspira a mejorar la confiabilidad, aumentar la productividad de las instalaciones y trabajar en procesos más seguros y compatibles con el ambiente.

La clave del RCM se centra en que los recursos de mantenimiento deben ser destinados a preservar la función que realizan los equipos más que los activos mismos. De esta manera se persigue la optimización del desempeño y no tener los equipos como si fueran nuevos, sino en condiciones suficientes para realizar bien su función. Esto adquiere sentido si se comprende cuáles son los requerimientos que tienen las empresas a nivel mundial en estos últimos tiempos. Smith y Hinchcliffe afirman que existen dos poderosas razones para sostener este criterio: por un lado las inversiones en capital en nuevas plantas no son frecuentes aunque los resultados de la gestión sean favorables, lo que supone un mayor nivel de confiabilidad y disponibilidad de los equipos; por otra parte se impone la consigna de hacer más con menos, es decir lograr mayores niveles de productividad (Smith y Hinchcliffe, 2004).

Algunos autores subrayan la importancia de que en el programa de implantación del RCM, sean convocados todos los interesados para que puedan ser tenidas en cuenta sus opiniones y puntos de vista. Ocurre que el *know - how* dentro de las organizaciones está distribuido en distintos niveles. Así, para realizar un buen análisis RCM, se requiere del cúmulo de conocimientos, no solo de aspectos técnicos o conceptuales, sino también del que aportan las experiencias. Por ello Bloom advierte que un proyecto en el que solo participan expertos, corre el riesgo de perder legitimidad y puede dar lugar a sospechas sobre la eficacia del análisis. Esta situación provoca falta de confianza en el programa (Bloom, 2003).

4. CONSTRUCCIÓN DEL REFERENCIAL

4.1. Descripción del problema

La planta en la que se desarrolla la tarea es productora de medicamentos. Inicialmente, la empresa solicita al LIMI asesoramiento

sobre acciones de mejoras de gestión. A partir de este contacto, se procede al relevamiento de los procesos productivos que se desarrollan en ella y se observan diferentes situaciones que constituyen importantes oportunidades de mejora.

Se realizan entrevistas con responsables de diferentes sectores de la empresa tales como producción, calidad, mantenimiento, seguridad, para recoger los puntos de vista de cada uno sobre las necesidades de la organización. A poco de andar surge, como uno de los aspectos relevantes, la necesidad de desarrollar un sistema de gestión de mantenimiento. En este punto se había estado trabajando internamente pero no se logró concretar un proyecto consistente. Adicionalmente, y como era de esperar, las iniciativas de desarrollar un sistema de gestión de mantenimiento se focalizaron en aspectos técnicos y administrativos con poca participación del personal de distintos niveles y profesiones.

Es aquí donde se presenta la oportunidad de proponer la implementación de un plan de gestión de activos pero con una visión participativa. Con el acuerdo preliminar establecido, se elabora un plan de trabajo al que se invita a trabajar a integrantes de todos los sectores involucrados, estos son: mantenimiento, calidad y producción. El plan incluye las siguientes etapas:

- Cursos de capacitación.
- Análisis grupal de los procesos.
- Construcción del Instrumento Referencial.
- Puesta en marcha del plan de RCM.

4.2 Análisis Grupal de los Procesos

Para abordar el tema del diseño de un programa de mantenimiento los autores ponen el énfasis en convocar a otros integrantes del proceso. Esto resulta un tanto novedoso para la empresa ya que, como es lógico, suponen que los destinatarios de la capacitación y posterior análisis son los recursos humanos de la gerencia de mantenimiento. En efecto, si bien estos últimos son los participantes naturales de esta iniciativa, siguiendo la experiencia de los autores sobre la metodología RCM y los procesos DRV, se requiere de la integración con otras áreas para lograr el éxito del proyecto.

Sin duda, la gerencia de producción, como usuarios de las instalaciones tienen seguramente algo para decir, observar, reclamar o proponer. Son ellos los que deben cumplir con los objetivos fijados por la dirección en cuanto a los volúmenes de producción y que en ocasiones no se logran por fallas de los equipos. Otro tanto ocurre con el

departamento de calidad que tiene a su cargo los controles de las características del producto, del envase y del proceso que prepara ambos. Hay que tener en cuenta que se trata de medicamentos y en ellos los aspectos ligados a la calidad son una prioridad de la empresa, incluso por sobre los objetivos de producción.

La participación de estas dependencias de la empresa comenzó con una capacitación sobre el mantenimiento en general y luego la metodología RCM. Cabe mencionar el impacto que ocasiona esta actividad, ya que no existen antecedentes de que se encuentren en el mismo recinto de formación mecánicos, ingenieros, bioquímicos o farmacéuticos. Menos habitual resulta que estos últimos participen en la discusión del mantenimiento de los equipos.

Luego de la capacitación se propone que los participantes formen grupos de trabajo. Cada grupo debe estar conformados por representantes de las distintas áreas. Es decir, no puede haber un grupo integrado solo por personas de mantenimiento o de producción. De ahora en más el trabajo, se lleva a cabo por estos grupos, así en todo los análisis convergen distintos puntos de vista.

La primera actividad que cada grupo tiene, es recorrer un proceso en particular desde las primeras operaciones hasta la salida del producto terminado en el otro extremo. Este ejercicio, que lo realizan tres grupos sobre sendos procesos, es una práctica totalmente nueva para la empresa ya que nunca antes existió la posibilidad de trabajar en equipos multidisciplinarios. Es importante destacar la dificultad que implica intercambiar opiniones y puntos de vista entre integrantes de diferentes áreas. Sobre la base de la descripción secuenciada de las operaciones un operario de mantenimiento se entera de los inconvenientes que provocan ciertas fallas en la calidad de los productos y alguien de producción comprende los inconvenientes que tiene mantenimiento para lograr la disponibilidad de los equipos. Surgen en este momento las discusiones sobre las criticidades cotidianas que tiene cada área, pero también se observan puntos poco considerados pero no menos importantes: una válvula que nunca falla y recibe poca atención puede, eventualmente en algún momento, ocasionar una parada del proceso o un accidente. Entonces en este ejercicio se ponen en evidencia tanto lo que ocurre a diario como lo que puede llegar a ocurrir.

A continuación cada grupo escoge, con el acuerdo de sus miembros y luego de destacar las criticidades, un equipo perteneciente al proceso estudiado. Se tiene así al banco de frío, al equipo de vacío y al generador de vapor. Posteriormente se establecen los criterios o atributos que se tendrán en cuenta para valorar la criticidad de cada

equipo. En esta etapa también se establecen los posibles modos de falla de cada equipo.

5. RESULTADOS OBTENIDOS

5.1. Equipos seleccionados y Modos de Falla

Del trabajo en equipo y la puesta en común en plenario surgieron los equipos a considerar y los modos de falla de cada uno. Su listado se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Equipos y modos de falla

Equipo	Modos de Falla
Bomba de vacío	Se queda sin agua
	Se tapa la bomba, sarro, suciedad
	Falla eléctrica
	Se llena el tanque de acumulación
	Falla mecánica: rodamiento
Equipo de frío	Parada de bomba de circulación
	Bajo nivel de glicol en los tanques
	Múltiple demanda por varios puntos de uso
Generador de vapor	Control de nivel (magnetrol)
	pérdida de vapor
	Electroválvula de gas
	Incrustaciones, pérdidas de rendimiento

Si bien inicialmente se había planteado trabajar con base en la criticidad de los equipos conformando un mapa de prioridades, durante el desarrollo de la experiencia surgió la necesidad de trabajar en función de los tipos de falla que pudiera presentar cada equipo, Esta diferenciación de los modos de falla aporta una ventaja adicional ya que permite programar el mantenimiento atendiendo directamente la falla. Es decir, el ordenamiento se hará por modos de falla independientemente del equipo de que se trate.

5.2. Criterios considerados

Como ya se mencionó, como resultado de un plenario luego de discusiones en pequeños grupos, se decidieron los criterios a utilizar para valorar los modos de falla correspondiente a cada equipo. Estos criterios se mencionan y definen en la Tabla 2.

Tabla 2. Definición de criterios utilizados para decidir criticidad

Atributos o Criterios	Descripción y alcance
Impacto sobre el Proceso y la Producción	Metas de eficiencia y productividad, tasas de producción, disponibilidad, métodos alternativos o back up.
Mantenibilidad	Capacidad de ser mantenido. Facilidad de reparación, disponibilidad de repuestos, necesidad de servicio técnico.
Impacto sobre el Producto	Calidad como cumplimiento de especificaciones. Costos por no conformidades y por rechazos. Calificación de equipos. Seguridad del consumidor. Rendimiento
Frecuencia de falla	Cantidad de fallas anuales
Impacto sobre M.Ambiente y Seguridad	Generación de residuos. Seguridad del personal.

Si bien se acordó cuáles serían los criterios considerados, no existía acuerdo pleno acerca del orden de prioridades en que serían considerados estos criterios. Para resolverlo, se solicitó a los participantes que cada uno, de manera individual e independiente, ordenara estos criterios según el orden de importancia de cada uno de ellos. De este ejercicio surge la matriz de prioridades que se presenta en la Tabla 2.

Tabla 3. Matriz de Criterios y Prioridades Asignadas

		Prioridad Asignada					
		1º	2º	3º	4º	5º	6º
Criterio	Impacto Producción	14	0	0	0	0	0
	Mantenibilidad	0	2	3	2	3	4
	Frecuencia de Falla	0	4	1	8	1	0
	Impacto Proceso	0	2	4	0	5	3
	Medio Ambiente y Seguridad	0	1	3	0	3	7

De la Tabla 3 pueden obtenerse dos conclusiones interesantes, por un lado la coincidencia de los participantes respecto de que lo que debe priorizarse es evitar un impacto de la falla en la producción. Del mismo modo, lo último que debería considerarse a la hora de analizar criticidad es lo relacionado con el impacto que una falla puede tener en el medio ambiente y la seguridad.

Finalmente, se llegó al acuerdo de ordenar los criterios según se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Orden obtenido para atributos o criterios

Orden	Atributos o Criterios	Descripción y alcance
1	Impacto sobre el Producto	Calidad como cumplimiento de especificaciones. Costos por no conformidades y por rechazos. Calificación de equipos. Seguridad del consumidor. Rendimiento
2	Impacto sobre el Proceso y la Producción	Metas de eficiencia y productividad, tasas de producción, disponibilidad, métodos alternativos o back up.
3	Mantenibilidad	Capacidad de ser mantenido. Facilidad de reparación, disponibilidad de repuestos, necesidad de servicio técnico.
3	Frecuencia de falla	Cantidad de fallas anuales
5	Impacto sobre M.Ambiente y Seguridad	Generación de residuos. Seguridad del personal.

5.3. Valoración de Criterios

A continuación, se realiza la valoración de los criterios por parte de los decisores; este paso resulta de crucial importancia ya que será decisivo a la hora de definir el nivel de criticidad de cada modo de falla. Es imprescindible contar con el acuerdo del grupo y poder valorar la homogeneidad de sus opiniones. Por esta razón es que se recurre en este punto a la metodología Procesos DRV que permite evaluar el grado de acuerdo existente mediante el cálculo del Índice de Variabilidad Remanente. De no existir suficiente consenso en una primera instancia de valoración, la metodología prevé que se retome la discusión prestando particular atención a aquellos aspectos en los cuales se observa más disenso, posteriormente se realiza el ejercicio de valoración

nuevamente. Los resultados obtenidos, en primera instancia, se muestran en la Tabla 5.

La Tabla 5(a), Valoraciones Iniciales, muestra la valoración que cada participante (decisor) adjudica a cada criterio en relación con el que se encuentra inmediatamente a su izquierda. Por ejemplo, el participante 1 asigna un 2 a “Frecuencia de Falla”, esto significa que considera que este criterio tiene el doble de importancia que “Medio Ambiente y Seguridad”. De este modo, se valoran todos los criterios respecto del que se encuentra inmediatamente a su izquierda, así se obtienen las valoraciones relativas de cada decisor para cada criterio. En la Tabla 5 (b), Utilidades Resultantes, se presentan las valoraciones de la tabla anterior estandarizadas respecto de su suma. De este modo, al calcular los promedios, se obtienen utilidades comparables que resumen la opinión de todos los decisores (ver Promedios en la Tabla 5(b)).

Tabla 5. Valoraciones iniciales y utilidades de los criterios

Valoraciones Iniciales					
Participantes	Producto	Proceso	Mantenibilidad	Frec de falla	MA y Seg
1	3	3	1,5	2	1
2	3	2,5	2	1,5	1
3	3	2	1,5	1,5	1
4	2	1,5	1	1,2	1
5	1,2	1,5	1	1,1	1
6	8	6	1	1	1
7	2	1,5	1	1	1
8	2,5	2,5	1	0,9	1
9	8	5	3,5	3	1
10	1,5	1,7	1	2	1
11	2	2	2	1,5	1
12	5	5	2	4	1
13	2	3	2	1	1
14	3	5	0,5	2	1
15	4	2	2	5	1

Utilidades resultantes					
Producto	Proceso	Mantenibilidad	Frec de falla	MA y Seg	
0,6429	0,2143	0,0714	0,0476	0,0238	
0,6338	0,2113	0,0845	0,0423	0,0282	
0,5934	0,1978	0,0989	0,0659	0,0440	
0,4091	0,2045	0,1364	0,1364	0,1136	
0,2899	0,2416	0,1611	0,1611	0,1464	
0,8421	0,1053	0,0175	0,0175	0,0175	
0,4000	0,2000	0,1333	0,1333	0,1333	
0,5269	0,2108	0,0843	0,0843	0,0937	
0,8624	0,1078	0,0216	0,0062	0,0021	
0,3778	0,2519	0,1481	0,1481	0,0741	
0,5106	0,2553	0,1277	0,0638	0,0426	
0,7905	0,1581	0,0316	0,0158	0,0040	
0,5455	0,2727	0,0909	0,0455	0,0455	
0,6250	0,2083	0,0417	0,0833	0,0417	
0,6897	0,1724	0,0862	0,0431	0,0086	
Promedios:	0,5826	0,2098	0,0890	0,0730	0,0546

Con base en las utilidades que se muestran en la Tabla 5(b), se calcula el IVR obteniéndose un valor de 0,5774; este valor es alto como para considerar que existe consenso entre los decisores y seguir adelante con el proceso de ordenamiento. La metodología utilizada indica que el paso siguiente consiste en retomar la discusión poniendo énfasis en aquellos aspectos en los cuales existió mayor discrepancia, es decir en aquellos criterios que hayan realizado mayor aporte al valor del IVR obtenido. De acuerdo a las sumas de cuadrados de desvíos

respecto de la media (que no se presentan en este trabajo), el atributo que aporta mayor dispersión al índice es el **Impacto sobre el Producto**. Esto indica que, si bien existe acuerdo en que este criterio es el de mayor importancia, no hay consistencia en lo que se refiere a cuánto debe ser este peso en relación con los demás criterios. Por lo tanto, se retoma la discusión acerca de la importancia relativa de los diferentes criterios con cierto acento en el **Impacto sobre el Producto**.

Finalizado el trabajo plenario de intercambio de ideas en búsqueda de un consenso, se pide a los participantes que nuevamente (de manera independiente), realicen las valoraciones relativas sobre los criterios o atributos. Los valores iniciales y las utilidades son las que se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Valoraciones iniciales y utilidades. Segunda instancia.

Valores iniciales					Utilidades resultantes				
Producto	Proceso	Mantenibilidad	Frecuencia	MA y Seg	Producto	Proceso	Mantenibilidad	Frecuencia	MA y Seg
1,2	1,5	1	2	1	0,310	0,259	0,172	0,172	0,086
1,2	1,1	1,1	1,5	1	0,267	0,223	0,203	0,184	0,123
2,2	2	2	1,5	1	0,534	0,243	0,121	0,061	0,040
1,7	1,5	1	1	1	0,362	0,213	0,142	0,142	0,142
3	2	1,5	1	1	0,581	0,194	0,097	0,065	0,065
1,8	1,5	1,3	1	1	0,401	0,223	0,148	0,114	0,114
2	1,5	1	1	1	0,400	0,200	0,133	0,133	0,133
2	1,5	2	3	1	0,486	0,243	0,162	0,081	0,027
2	2	1	2	1	0,490	0,238	0,130	0,087	0,055
2,5	2	0,5	2	1	0,455	0,182	0,091	0,182	0,091
2	2,5	3	2	1	0,556	0,278	0,111	0,037	0,019
2,5	2	1	1,1	1	0,505	0,202	0,101	0,101	0,092
2,5	2	2	2	1	0,571	0,229	0,114	0,057	0,029
2,6	1,75	1,5	1,5	1	0,541	0,208	0,119	0,079	0,053
2	3	1	2	1	0,522	0,261	0,087	0,087	0,043
(a) Promedios:					0,465	0,226	0,129	0,105	0,074

En esta segunda instancia, se obtuvo un IVR del 22,62%, lo que representa una importante disminución de la variabilidad en los posicionamientos de los decisores. Se está entonces, en presencia de un IVR aceptable para continuar el proceso de análisis y ordenamiento de los modos de falla de los equipos considerados. El otro elemento a verificar para asegurar homogeneidad en las posturas es que las distribuciones de las valoraciones puedan suponerse pertenecientes a una población con Distribución Normal. Para ello se realiza la Prueba de Normalidad de Pearson; su resultado para un nivel de significación

$\alpha=0,05$ y para $n=15$ decisores, arrojó un valor crítico de 0,851. Valores por encima del mencionado hacen que se rechace la hipótesis nula de normalidad. Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Valores obtenidos para el estadístico de Pearson de la prueba de normalidad

	IPROD	IPROC	MANTEN	FRE FA	MA y SE
Valor observado	0,704	0,208	0,74	0,467	0,289

En ningún caso (para ningún criterio) se obtienen valores superiores al crítico y por lo tanto no se rechaza la hipótesis nula de normalidad en ninguna situación. A esta altura del análisis, teniendo en cuenta el IVR obtenido y los resultados de las pruebas de normalidad, puede afirmarse que existe un consenso adecuado en lo que se refiere a los posicionamientos de los decisores sobre los criterios con que se valorarán los diferentes modos de falla y sus respectivas ponderaciones. Se está en condiciones de continuar con la tarea de ordenamiento.

5.3. Agregación y Ordenamiento de los Modos de Falla

El paso siguiente consiste en valorar los distintos modos de falla según cada uno de los criterios establecidos. Para ello se construyó una escala con niveles del 0 al 9 para cada criterio. Así, a modo de ejemplo, para el criterio **Impacto sobre el Producto**, el nivel 0 significa que la falla “no produce ningún impacto sobre el producto”, el nivel 5, “el producto está no apto y se debe retirar del lote (existe buena capacidad de detección)” y el nivel 8 se utiliza cuando “el producto no es apto y no se detecta. No tenemos o tenemos pobre capacidad de detección”. En la escala de cada criterio se definió el significado de cada nivel, con la participación todo el grupo de decisores,.

Cumplida la construcción de la escala de valoraciones se procede a trabajar con el conjunto de decisores para establecer las valoraciones para cada modo de falla y criterio según la tabulación establecida. Los resultados que se obtienen se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Valoraciones según el modo de falla considerado y su impacto.

Equipo	Modos de Falla	Impactos					Índice de Criticidad
		Producto	Proceso	Mantenibilidad	Frec de falla	MA y Seguridad	
		0,463	0,22	0,129	0,107	0,075	
Bomba de vacío	Se queda sin agua	0	3	5	2	0	1,519
	Se tapa la bomba, sarro, mugre	0	3	2	1	2	1,175
	Falla eléctrica	0	3	1	1	0	0,896
	Se llena el tanque de acumulación	0	2	1	3	2	1,04
	Falla mecánica: rodamiento	0	3	5	3	1	1,701
Equipo de frío	Parada de bomba de circulación	1	2	0	4	0	1,331
	Bajo nivel de glicol en los tanques	1	2	1	2	2	1,396
	Múltiple demanda por varios puntos de uso	1	2	1	7	0	1,781
Generador de vapor	Control de nivel (magnetrol) pérdida de vapor	1	2	1	2	9	1,921
	Electroválvula de gas	1	2	1	2	2	1,396
	Incrustaciones, pérdidas de rendimiento	1	5	8	0	2	2,745

Mediante la agregación lineal de los puntajes asignados, se obtiene un resultado final que se indica como “Índice de Criticidad”. Este índice permite ordenar los modos de falla según la gravedad que cada uno pudiera tener.

La última etapa de la metodología Procesos DRV (pruebas de hipótesis múltiples), no es aplicable a los valores de Índice de Criticidad ya que los mismos no provienen de un proceso de muestreo dado que las valoraciones de la TABLA 8 fueron asignadas por consenso y no de manera individual e independiente por cada uno de los decisores. Es decir, los valores obtenidos en la última columna de la TABLA 8 son los que se toman como referencia para el ordenamiento de los modos de falla y por ende para la planificación del RCM.

6. CONCLUSIONES

La aplicación de la metodología Procesos DRV requirió de la participación de todos los individuos que de un modo u otro intervienen en el proceso analizado y en el cual resultó necesario tomar decisiones. Esta múltiple participación, generó resultados altamente positivos en varios sentidos; por un lado, se generaron discusiones enriquecedoras dado que intervinieron en ellas personal de diferentes sectores de la empresa y, por lo tanto, con distintos puntos de vista sobre el problema.

Esta variedad, encausada, produjo una sinergia que fue más allá de la decisión a la que finalmente se arribó, produciendo un alto valor

agregado para la empresa. Por otra parte, el hecho de haber logrado un ordenamiento consensuado de los Índices de Criticidad, muestra que fue posible diseñar un plan de mantenimiento del tipo RCM producto de un trabajo conjunto de todo el equipo. Este consenso proporciona altas probabilidades de que la aplicación del plan resulte exitosa. Que las personas se sientan, aunque sea en parte, responsables de las decisiones adoptadas, otorga mayores chances de que se comprometan con la tarea emprendida.

Así, la metodología Procesos DRV muestra los beneficios de su aplicación en aquellos procesos en los que es necesario decidir entre varias alternativas considerando diversos criterios, en escenarios complejos y con varios decisores involucrados.

REFERENCIAS

- Benjamini, Y 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 N°1 pp. 289-300.
- Bloom, N. (2006): *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Mc Graw Hill. New York, USA
- Gomes L. y Zanazzi J.L. (2010): Análisis Multicriterio com Múltiples Decisores: Aplicación Combinada de los Métodos TODIM y Procesos DRV. Presentado a evaluación revista *Gestao e Producao*. Brasil.
- Kanheman D., Tversky A. (1979): Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*, 47 (2), pp. 263-291.
- Kersten, G. (1997): Support for Group Decisions and Negotiations- An Overview. In J. Climaco, editor, *Multicriteria Analysis*, pp. 332-346. Springer- Verlag.
- Krieger, M. (2001): *Sociología de las organizaciones. Una contribución al comportamiento organizacional*. Pearson Education. Buenos Aires.
- Saaty T. (1996): *Decision making for leaders: the analytic hierarchy process in a complex world*. 3d. Ed. RWS Publications, Pittsburg. USA.
- Smith A. y Hinchcliffe, G. (2004): *RCM - Gateway to World Class Maintenance*. Elsevier Butterworth–Heinemann. Oxford. UK.
- Zanazzi J., Carignano C., Boaglio L., Dimitroff, M. y Conforte, J. (2006): *Metodología para apoyar la toma de decisiones en*

equipo. Revista de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa. 27 pp. 61-74.

- Zanazzi J. y 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.

Impreso en la
Asociación Cooperadora de la
Facultad de Ciencias Económicas
Universidad Nacional de Córdoba
Diciembre 2012

