

## **HERRAMIENTA DE ANÁLISIS MULTI-CRITERIO COMO SOPORTE PARA EL DISEÑO DEL PROGRAMA SOCIAL PROSOFI, DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA**

Galarza Molina Sandra Lorena <sup>(1)</sup>, Torres Andrés <sup>(2)</sup>, Méndez Fajardo Sandra <sup>(3)</sup>, Pérez Muzuzu Blanca Cecilia <sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> *IC., Estudiante Maestría en Hidrosistemas*

<sup>(2)</sup> *PhD., Profesor Asociado y Director Maestría en Hidrosistemas*

<sup>(3)</sup> *MSc., Profesor Asistente y Coordinadora de Proyecto Social Universitario*

<sup>(4)</sup> *Socióloga, Coordinadora Proyección Social*

*Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá), Facultad de Ingeniería  
{sgalarza, andres.torres, sandra.mendez, bcperez}@javeriana.edu.co*

### **RESUMEN**

Este trabajo tiene como objetivo desarrollar una herramienta para el análisis multi-criterio como soporte para la selección de la comunidad objetivo del PROgrama SOcial de la Facultad de Ingeniería (PROSOFI), Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá (PUJB). Esta herramienta utiliza el análisis multi-criterio (AMC), el cual se basa en modelos de decisión que contienen diferentes posibles soluciones.

Para la evaluación de cada una de las alternativas (19 localidades y 2 municipios) se propusieron 7 criterios, tales como Ubicación geográfica, Marginalidad y Necesidades básicas insatisfechas, entre otros. Tanto las alternativas como los factores de ponderación se definieron a partir de un trabajo participativo de la Facultad. Los resultados obtenidos indican que las comunidades con mayor opción son: Usme y Ciudad Bolívar.

### **PALABRAS CLAVES**

Toma de decisiones, análisis multi-criterio, ELECTRE II

### **ABSTRACT**

This work aims to develop a multi-criteria analysis tool as a support for the selection of the target community of the School of Engineering's Social Program (PROSOFI, by its Spanish acronym) at Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá (PUJB). This tool uses multi-criteria analysis (MCA), which is based on decision models that contain different possible solutions. For the evaluation of each of the alternatives (19 urban districts and 2 towns) seven criteria were proposed, such as Location, Marginality and Unsatisfied Basic Needs, among others. Both alternatives and the weighting factors were defined based on participatory work of the School. The results show that communities with greater choice are Usme and Ciudad Bolivar.

### **KEYWORDS**

Multiple criteria analysis, Decision making, ELECTRE II

### **CLASIFICACIÓN COLCIENCIAS Y JEL**

Artículo de investigación científica y tecnológica

C - Mathematical and Quantitative Methods

## INTRODUCCIÓN

**Cuando se busca una toma de decisiones grupal lo ideal es obtener un consenso para lograr unidad y apropiación, y así evitar una simple votación.** Lograr lo anterior usualmente requiere de grandes esfuerzos por parte de las organizaciones y puede generar desgastes importantes del grupo decisor. Adicionalmente, muchas de las decisiones que afectan directamente a un grupo de personas involucran múltiples criterios, para lo cual es necesario que el grupo decisor cuente con herramientas para estar lo suficientemente ilustrados para tomar la decisión más adecuada. ¿Pero cómo lograr que esa toma de decisiones tenga un carácter más racional y menos emocional?, ¿Cómo lograr consenso sin generar desgaste?

La Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá (PUJB) se ve enfrentada a una toma de decisión que involucra múltiples criterios en el diseño del Programa Social de la Facultad de Ingeniería (PROSOFI). PROSOFI nace de la idea de unificar esfuerzos de docencia, investigación y servicio de las cuatro disciplinas (Civil, Industrial, Electrónica y Sistemas), y concentrarlos en un sólo territorio. **Para lograr escoger la comunidad, los decisores se ven enfrentados a las siguientes preguntas: ¿Cómo escoger la comunidad?, ¿Con qué criterios?, ¿Todos los actores involucrados tienen las mismas prioridades?** Para resolver estas preguntas se realizó una encuesta a 143 personas de la Facultad, la cual fue respondida por 111 entre directivos, profesores y personal administrativo. Adicionalmente, se consultó la opinión de 12 expertos externos a la Facultad por medio de la encuesta, obteniendo 9 respuestas. En esta encuesta se preguntaba cuáles criterios se debían considerar y cuáles eran los más importantes para escoger la comunidad. Como resultado de esta encuesta se obtuvo que se debían considerar los siguientes criterios: Necesidades básicas insatisfechas, Nivel de vulnerabilidad y marginalidad, Dinámica y organización social, Ubicación geográfica, Presencia previa en la comunidad, Apoyo de instituciones públicas o privadas, Elementos culturales y étnicos.

**Debido a la variabilidad de los criterios, una toma de decisiones objetiva es compleja. Para una mejor toma de decisiones teniendo en cuenta esta diversidad de criterios se hace necesario utilizar una metodología que evalúe cada posible opción e incorpore estructura, transparencia, capacidad de auditoría y rigor a las decisiones. Una de las opciones más utilizadas es el Análisis Multi-Criterio (AMC) para la toma de decisiones (Hajkowicz y Higgins, 2006).**

A nivel internacional, las técnicas AMC han sido desarrolladas a partir de la década de los sesenta (Roy, 1968). Desde entonces, dichas técnicas han sido objeto de numerosas investigaciones, cursos universitarios, libros y una gran variedad de aplicaciones, lo que hace que hoy en día sea una metodología establecida.

Para la fase de evaluación de los proyectos generalmente se utilizan métodos que articulan la estructura de preferencia del decisor como los métodos de clasificación (por ejemplo Electre II). Sin embargo, el análisis del uso de estos tipos de sistemas demuestra que es preferible el desarrollo de herramientas específicas (Baptista *et al.*, 2004). Esta evidencia podría generalizarse para cualquier fase de los proyectos que involucran toma de decisiones. Por consiguiente, **se hace necesario el desarrollo de una herramienta específica para la toma de decisiones teniendo en cuenta múltiples criterios e involucrando a los diferentes actores implicados (múltiples objetivos).** El presente artículo pretende describir la metodología que se ha planteado para hacer más efectiva la toma de decisiones en la selección de la comunidad objetivo para llevar a cabo PROSOFI.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción de la Metodología

La ayuda a la toma de decisiones es la actividad que permite obtener herramientas para encontrar respuestas a las preguntas formuladas por las partes interesadas en un proceso de decisión, que se efectúa mediante el uso de modelos explícitos pero no necesariamente formalizados. Estas herramientas ayudan a ilustrar las posibles soluciones y a generar una recomendación que aumente la coherencia entre la evolución del proceso y los objetivos de las partes interesadas. La palabra “recomendación” se utiliza para que tanto el analista como la persona o el grupo de personas que toman la decisión estén enterados que estos últimos están en libertad de seguir o no las sugerencias (Roy, 2005).

Debido a que las decisiones se basan en diferentes criterios, se ha desarrollado el Análisis Multi-Criterio (AMC), el cual se soporta en modelos de decisión que contienen diferentes posibles soluciones. Esas soluciones requieren ser evaluadas o clasificadas por la persona o el grupo de personas que toman la decisión, según diferentes criterios que generalmente son evaluados en diferentes unidades. Existe una gran diversidad de términos para referirse al Análisis Multi-Criterio (AMC) tales como: Soporte a la Decisión con Múltiples Objetivos (SDMO), Atributos Múltiples para la Toma de Decisiones (AMTD) y Análisis Multi-Criterio de Decisión (AMCD) (Hajkowicz y Collins, 2006).

Generalmente, al enfrentarse con un problema en la toma de decisión se pueden efectuar cuatro tipos de análisis (Roy, 1968): (i) identificar la mejor alternativa o seleccionar un grupo con las mejores alternativas, (ii) determinar el orden (ranquin) de la mejor a la peor de las alternativas, (iii) clasificar las alternativas en grupos homogéneos predefinidos, (iv) identificar las principales características de diferencia de las alternativas y describirlas con base en estas características.

Varios autores (RAC, 1992; Howard, 1991) han explicado el proceso del AMC, el cual contiene las fases descritas en la tabla 1.

**Tabla 1.** Fases del proceso del AMC (Adaptado de RAC, 1992 y Howard, 1991)

FASE	DESCRIPCIÓN
Escoger las opciones de decisión (alternativas)	Normalmente existe un número finito de alternativas que requieren ser evaluadas y ordenadas de mejor a peor
Escoger los criterios de evaluación	Los criterios son usados para medir el desempeño de las alternativas.
Obtener medidas de desempeño para la matriz de evaluación	Estos valores pueden ser obtenidos de expertos en el tema o de otros modelos ambientales o económicos.
Estandarizar las mediciones	Los problemas de AMC siempre contendrán criterios medidos en unidades distintas. Por lo tanto, es necesario transformar las mediciones para que puedan compararse entre sí. Usualmente se utiliza un rango entre 0 y 1, para que los

FASE	DESCRIPCIÓN
	criterios puedan ser combinados en la misma función de utilidad.
Ponderar los criterios	Es raro que todos los criterios tengan la misma importancia para los tomadores de decisiones. Existen una variedad de métodos para ponderar los criterios.
Determinar el orden (ranquin) de las opciones	En esta fase las ponderaciones de los criterios se combinan con las medidas de desempeño para que cada alternativa alcance una medida global de su rendimiento.
Realizar un análisis de sensibilidad	La variación sistemática de las ponderaciones, de las medidas de desempeño y de los algoritmos para la determinación del orden, puede mostrar dónde el modelo necesita fortalecimiento y solidez de los resultados, dados unos supuestos de entrada.
Tomar la decisión	El objetivo del método de AMC es informar la decisión, pero no tomar la decisión final.

En general, el proceso descrito antes es iterativo, dejando la posibilidad de abordar varias veces cualquier etapa a medida que se va desarrollando el análisis. Adicionalmente, es conveniente seleccionar varias alternativas de AMC de diferentes tipos de análisis, para comparar los resultados obtenidos por diferentes metodologías (Smith *et al.*, 2000). **Para el presente trabajo se escogió el método ELECTRE II, el cual hace parte de los métodos de relaciones de superación, y el método de las ponderaciones como método test.**

### Método ELECTRE II

A finales de los años 60s surgió el método ELECTRE II, el cual fue desarrollado por Roy (1968, 1971) y Roy y Bertier (1971). Este método fue el primer método –de la familia de ELECTRE– especialmente diseñado para tratar los problemas de determinación del orden de las opciones (ranquin), de la mejor alternativa a la peor. También fue el primer método que se basó en la construcción de secuencias de relaciones de superación binarias (Figueira *et al.*, 2005).

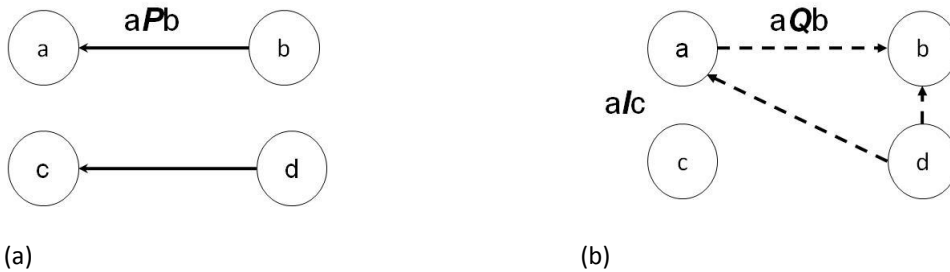
Este método consiste en realizar comparaciones entre parejas de alternativas –posibles soluciones–, para lo cual es necesario establecer criterios de evaluación. Dichas comparaciones se basan en la matriz de posibles soluciones en la que cada alternativa se evalúa con respecto a cada criterio. Luego se pondera la importancia relativa de cada criterio en el conjunto, teniendo claridad sobre el sentido de preferencia de los criterios en la matriz de posibles soluciones (Roy, 1967).

Para comparar el desempeño de cada alternativa frente a otra se deben calcular los índices de concordancia y discordancia. Ambos índices deben calcularse para cada una de las parejas de soluciones. Con estos valores se construyen las matrices de concordancia y de discordancia (Smith *et al.*, 2000; Figueira *et al.*, 2005).

Una alternativa puede superar fuertemente o débilmente a otra. La superación fuerte indica una clara preferencia de una alternativa frente a la otra, mientras que la superación débil indica que

no se puede asegurar de manera definitiva que una alternativa sea preferible a otra. La utilización de estos dos conceptos posibilita la clasificación de alternativas (Roy y Bertier, 1971).

Con las relaciones de superación entre las alternativas definidas se procede a representar el grafo débil y el grafo fuerte (figura 3). Cada nodo del grafo representa cada alternativa. En el caso del grafo fuerte se muestra cuál alternativa supera fuertemente a otra (figura 3a) y en el caso del grafo débil se muestra cuál alternativa supera débilmente a otra (figura 3b).



**Figura 1.** (a) Grafo fuerte y (b) grafo débil

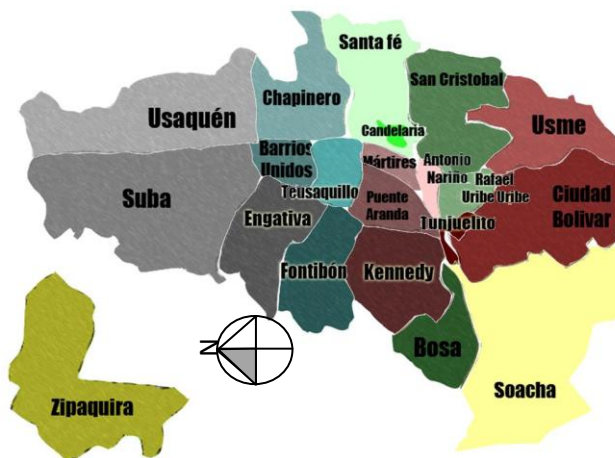
Con los grafos (grafo débil y grafo fuerte) definidos, continúa el procedimiento de clasificación, el cual se desarrolla en tres niveles. Inicialmente se obtiene una clasificación directa, luego una indirecta y finalmente se promedian las dos clasificaciones anteriores generando la clasificación final (Smith *et al.*, 2000).

### APLICACIÓN A PROSOFI

Con la metodología de AMC descrita anteriormente (ELECTRE II), se desarrolló un programa llamado CRIDE<sup>1</sup> (Herramienta de análisis multi-**CR**iterio para la toma de **DE**cisiones) en MatLab®. Esta herramienta se utilizó como soporte para el diseño del Programa Social de la Facultad de Ingeniería (PROSOFI). PROSOFI nació de la idea de integrar esfuerzos de la Facultad de Ingeniería de docencia, investigación y servicio de las cuatro disciplinas (Civil, Industrial, Electrónica y Sistemas), para generar un impacto social importante en un territorio definido.

Para escoger la comunidad en la cual se va a desarrollar el programa PROSOFI, se propusieron como alternativas posibles 21 territorios, que comprenden 19 localidades de Bogotá y 2 municipios de Cundinamarca (figura 2).

<sup>1</sup> Originalmente Cride es una palabra de origen celta que significa “corazón” (Davis, 2001, p.106).



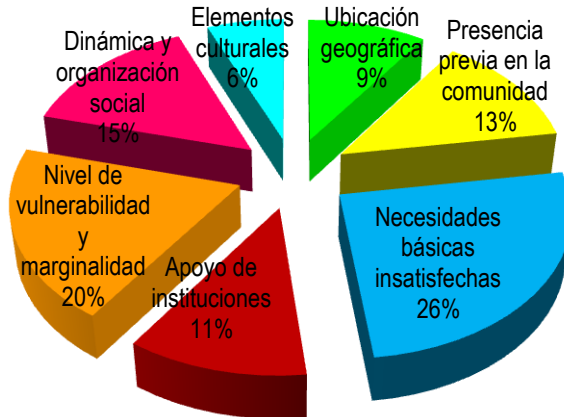
**Figura 2.** Mapa localidades: 19 localidades de Bogotá y 2 municipios (Soacha y Zipaquirá)

Estas alternativas se pre-seleccionaron a partir de las experiencias previas de los programas sociales de: (i) la Facultad de Ingeniería, (ii) la Universidad Javeriana y (iii) la Compañía de Jesús. Únicamente se tuvieron en cuenta las localidades dentro de Cundinamarca para facilitar la operatividad y manejo de recursos y para que las personas de la comunidad elegida pudieran acercarse fácilmente a la PUJB, en caso de ser necesario.

**Para determinar los criterios y sus pesos se realizó una encuesta a 143 personas de la Facultad de Ingeniería, la cual fue respondida por 111 funcionarios (directivos, profesores y personal administrativo).** Adicionalmente, se consultó la opinión de 12 expertos externos a la Facultad por medio de la encuesta obteniendo 9 respuestas; el equipo de expertos integraba líderes de proyectos sociales, teólogos, antropólogos, sociólogos, Sacerdotes Jesuitas, entre otros. Como resultado de la encuesta se propusieron 7 criterios con sus pesos (figura 3), los cuales indican la importancia que tiene un criterio respecto al otro. Para la ponderación de los pesos, como decisión conjunta del comité de apoyo permanente, a las respuestas de los funcionarios de la Facultad de Ingeniería se les asignó una importancia de 70% y a la opinión de los expertos se les asignó el 30% restante. En la tabla 2 se muestran los criterios seleccionados con sus respectivos indicadores (17 en total).

Se determinó el desempeño de cada una de las alternativas en cada uno de los criterios, obteniendo como resultado la matriz de posibles soluciones (ver anexo 1).

Con la matriz de posibles soluciones, las ponderaciones de los criterios y los sentidos de preferencia definidos, continuó la siguiente fase del AMC que consiste en determinar el orden de las alternativas utilizando CRIDE, la herramienta desarrollada.



**Figura 3.** Ponderación para cada uno de los criterios

Se realizaron tres ejecuciones del programa, las cuales se resumen en la tabla 3.

**Tabla 2.** Criterios para la selección de alternativas con sus respectivos indicadores

Criterios	Indicadores
Ubicación geográfica	Tiempo de viaje de la PUJ a la comunidad PROSOFI
	Disponibilidad de transporte público
	Presencia previa de la Facultad de Ingeniería
Presencia previa en la comunidad	Presencia previa de la Compañía de Jesús
	Presencia previa de otras facultades PUJ
	Indicador compuesto "NBI" (2007)
Necesidades básicas insatisfechas	Población en estratos socioeconómicos 1 y 2
	Personas pobres y vulnerables según SISBEN
	Colegios oficiales
Apoyo de instituciones públicas o privadas	Colegios no oficiales
	Relación colegios oficiales/no oficiales
	Homicidio común (Observatorio Seguridad Bogotá, Cámara de Comercio, 2008)
Nivel de vulnerabilidad y marginalidad	Densidad poblacional
	Tasa cobertura bruta primaria

Criterios	Indicadores
	Tasa cobertura bruta secundaria
Dinámica y organización social	Existencia de MIPYME (Cámara de Comercio)
Elementos culturales y étnicos	Población desplazada

Los resultados de acuerdo a cada ejecución se pueden observar en la tabla 4. En ésta sólo se presentan las localidades clasificadas en los primeros cinco puestos.

**Tabla 3.** Ejecuciones del programa

Número de ejecución del programa	Descripción
1	Se contemplaron todos los indicadores de los criterios, 17 en total
2	No se tuvo en cuenta el criterio “Dinámica y organización social - Existencia de MIPYME” porque algunas de las comunidades tienen empresas artesanales que no están inscritas en la Cámara de Comercio  No se tuvieron en cuentas los siguientes criterios:  “Dinámica y organización social - Existencia de MIPYME”
3	“Apoyo de instituciones públicas o privadas - Colegios oficiales”  “Apoyo de instituciones públicas o privadas - Colegios no oficiales”  Para este último criterio se consideró que sería suficiente con la “Relación colegios oficiales/no oficiales”

**Tabla 4.** Resultados de cada ejecución

Nivel de Preferencia	Ejecución 1	Ejecución 2	Ejecución 3
1	Usme	Usme	Usme
2	Ciudad Bolívar	Ciudad Bolívar	Ciudad Bolívar
3	Soacha	Soacha	Bosa
4	Santa Fe	Santa Fe	Santa Fe
5	Bosa	Rafael Uribe	Rafael Uribe



La primera ejecución de CRIDE respeta todos los criterios que se fijaron con el grupo de decisores y participantes en la encuesta, pero se vio la necesidad de hacer una segunda y tercera ejecución porque al llenar la matriz de desempeños, la evaluación de cada alternativa para algunos indicadores no era lo suficientemente objetiva ni realista. Debido a lo anterior, se eliminaron los indicadores “Dinámica y organización social - Existencia de MIPYME”, “Apoyo de instituciones públicas o privadas - Colegios oficiales” y “Apoyo de instituciones públicas o privadas - Colegios no oficiales”.

El desempeño del indicador “Existencia de MIPYME” se obtuvo por medio de la Cámara de Comercio, entidad que registra la conformación legal de empresas y mipymes. Es posible que estos datos oficiales no reflejen de manera fiel la dinámica y organización social de las poblaciones vulnerables, porque aunque hay empresas en funcionamiento en estas localidades, éstas no necesariamente están inscritas formalmente. Se consideró por lo tanto que al usar este indicador algunas localidades podrían estar en desventaja, especialmente las que cuentan con un mayor número de necesidades básicas insatisfechas.

Respecto a los indicadores “Apoyo de instituciones públicas o privadas – Colegios oficiales y no oficiales”, un mayor número de colegios privados no necesariamente quiere decir que la población tiene apoyo efectivo del sector privado, sino puede mostrar asistencialismo producto de coyunturas políticas o de otra índole. Por otro lado, un mayor número de colegios públicos por sí sólo no indica con suficiencia la presencia del sector público en el territorio por las siguientes razones: (i) no es la única línea de acción que se espera de un gobierno local para apoyar una población (se esperan además estrategias de salud, de cultura, deporte, saneamiento, etc.); (ii) para poder comparar entre localidades se tendría que relativizar, dividiendo por número de habitantes o número de familias entre otros.

Por lo tanto, se consideró que el mejor resultado de las 3 ejecuciones es el tercero porque otorga un panorama más objetivo y realista. De igual forma, para escoger la comunidad específica, la segunda fase del diseño de PROSOFI, se va a realizar con las dos localidades que quedaron en los primeros dos puestos en cada ejecución: Usme y Ciudad Bolívar.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Al utilizar CRIDE como base para el diseño de PROSOFI, se generó participación dentro de la Facultad de Ingeniería al consultar a los funcionarios y a los expertos sobre cuáles criterios se deberían utilizar para escoger la comunidad y con qué importancia. Este ejercicio logró una amplia participación e interacción entre personas con diferentes perfiles (investigadores, docentes, trabajadores sociales, administrativos, etc.) y formaciones. Adicionalmente, se logró obtener e interpretar parte de la visión de la Facultad de Ingeniería en cuanto a su responsabilidad social.

El hecho de construir la matriz de desempeño de las soluciones para PROSOFI utilizando la metodología AMC implica un acercamiento inicial al proceso de toma de decisiones, ya que para obtener dicha matriz, cada alternativa debe evaluarse con respecto a la totalidad de criterios acordados, generando una base adecuada de comparación entre soluciones. Desde este punto de vista, esta matriz puede convertirse además en una lista de chequeo, la cual podría utilizarse como guía para el grupo decisor, exigiendo que el desempeño de cada alternativa sea evaluado para la totalidad de criterios considerados.

Para escoger la comunidad PROSOFI se tenían como posibles alternativas 19 localidades de Bogotá y dos municipios de Cundinamarca. El uso de la herramienta propuesta dio visibilidad y aclaró el panorama por medio de la clasificación de dichas alternativas: las cinco alternativas mejor clasificadas que arrojó CRIDE fueron, en orden de preferencia decreciente, Usme, Ciudad Bolívar, Bosa, Santa Fe y Rafael Uribe. En consecuencia, se le recomendó al grupo decisor que eligiera la localidad PROSOFI a partir de ese grupo reducido de opciones. Es de resaltar que este resultado hubiera sido bastante difícil de alcanzar sin la utilización de una herramienta para el soporte de toma de decisiones, como la que se desarrolló, teniendo en cuenta que será una decisión en la que participe varios actores, cada uno con una valoración particular para los criterios de selección posibles, lo que dificulta el consenso. Efectivamente, sobre la base de este primer resultado, el grupo decisor de la Facultad consideró que la segunda fase del diseño de PROSOFI, la cual consiste en escoger la comunidad específica, debía partir de las dos localidades mejor clasificadas (Usme y Ciudad Bolívar). CRIDE servirá como herramienta de apoyo en esta nueva fase del diseño de PROSOFI.

CRIDE es una herramienta de soporte en la toma de decisiones, ya que da claridad al grupo decisor o al decisor. Esta herramienta ayuda a seleccionar la alternativa más conveniente teniendo en cuenta los múltiples intereses y criterios, pero no toma la decisión final ni sustituye a los decisores.

El AMC ayuda a que una toma de decisiones grupal sea racional, permite responder al por qué de la decisión y se puede tener capacidad de auditoría, debido a la trazabilidad. En el caso de estudio se pudo observar que la visión de los criterios y pesos por parte de la Facultad de Ingeniería direccionan la toma de decisiones, sin que necesariamente todos los participantes conozcan de manera profunda cada una de las alternativas.

La utilización de métodos AMC innovadores ayudan a generar consenso, proporcionan participación y apropiación a proyectos, y permiten tener trazabilidad, estructura y rigor en la toma de decisiones. Adicionalmente, el AMC otorga visibilidad en la toma de decisiones cuando se tiene una gran cantidad de criterios y alternativas. Las características mencionadas anteriormente no se encuentran de manera general en procesos de selección comúnmente utilizados como los procesos de votación, y por lo tanto se recomienda la utilización de herramientas AMC para la toma de decisiones corporativas.

Se espera seguir desarrollando la herramienta CRIDE con el fin de lograr una toma de decisiones que interprete de forma más adecuada y realista la visión de un grupo. En ese sentido se modificará la herramienta de manera que contemple: (i) variabilidad en los sentidos de preferencia de los criterios, en los pesos asignados a cada criterio y en los desempeños de cada alternativa; (ii) una mejor eficiencia en la construcción de la matriz de desempeños en cuanto al levantamiento y calificación de cada alternativa.

## **REFERENCIAS**

Baptista M., Barraud S., Alfakih E., Nascimento N., Fernandes W., Moura P., Castro L. (2004). Proposal of an evaluation system for urban storm drainage. NOVATECH 2004, *5th International*

*Conference on Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management*. Lyon, France, 2004, p.441-448.

Davis, D. (ed.). (2001). *The Development of Celtic Linguistics, 1850-1900*. 6 vols. (Logos Studies in Language and Linguistics). London: Routledge, 2001.

Figueira J., Mousseau V., Roy B. (2005). ELECTRE methods. En: *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys*, J. Figueira, G. Salvatore, M. Ehrgott (eds.), Springer Science + Business Media, Inc., Boston, pp.133–162

Hajkowicz S., Collins K. (2006). A Review of Multiple Criteria Analysis for Water Resource Planning and Management. *Water Resour Manage*, 21:1553–1566

Howard AF. (1991). A critical look at multiple criteria decision making techniques with reference to forestry applications. *Canadian Journal of Forest Research*, (21):1649–1659

Resource Assessment Commission (1992). *Multi-Criteria Analysis as a Resource Assessment Tool*. Research Paper No. 6, March, Resource Assessment Commission, Canberra, Australia.

Roy B. (1968). Classement et choix en présence de points de vue multiples (la méthode ELECTRE). *La Revue d'Informatique et de Recherche Opérationnelle* (RIRO), (8):57–75

Roy B. (1967). A propos de l'agregation d'ordres complets; quelques considérations théoriques et pratiques, en Colloque du C.N.R.S. sur la decisión, Aix-en-Provence.

Roy B. (1974) Critères multiples et modélisation des préférences -l'apport des relations de surclassement, *Revue d'Économie Politique*, 84(1), 1-44

Roy B. (2005). Paradigms and Challenges. En: *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys*, J. Figueira, G. Salvatore, M. Ehrgott (eds.), Springer Science + Business Media, Inc., Boston, pp. 3-5.

Roy B, Bertier B. (1971). *La méthode ELECTRE II: une méthode de classement en présence de critères multiples*. Nota de trabajo 142, Dirección científica, Grupo Metra, Universidad Dauphine, Paris

Smith Q. R., Mesa S. O., Dyer R. I., Jaramillo A. P., Poveda J. G. y Valencia R. D. (2000). *Decisiones con múltiples objetivos e incertidumbres*. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín Facultad de Minas, Medellín. pp. 165-183.