

# **Metodología para la Selección de Portafolios de Tecnologías y Segmentos de Mercado para Agendas de I+D+i Sectoriales**

## **Resumen**

Se propone una metodología para la conformación de portafolios de segmentos de mercado y de campos tecnológicos en el marco de la definición de agendas de investigación, desarrollo tecnológico e innovación (I+D+i) sectoriales. Se partió de una revisión analítica de la literatura existente alrededor del problema de selección de portafolio con énfasis formulación de agendas de I+D+i. A continuación se diseñó y construyó una metodología adhoc mediante una combinación de técnicas de análisis multicriterio. La metodología fue validada para una pre-selección de tecnologías y mercados relevantes para la industria electro electrónica de Bogotá y Cundinamarca. A través de talleres con actores relevantes de la industria, se definieron y ponderaron los criterios de selección de portafolio, y se ordenaron las tecnologías y mercados con base en los criterios identificados. Finalmente, se llevaron a cabo las etapas de balance y ajuste para asegurar la consistencia y balance de los portafolios.

## **Abstract**

A methodology for the creation of portfolios of market segments and technological fields within the definition of research, technological development and innovation (R+D+I) agendas for industries is proposed. It started from an analytical review of the existing literature about portfolio selection problem with emphasis on formulating R+D+I agendas. Then an specific methodology was designed and built using a combination of multi-criteria analysis techniques. The methodology was validated for a pre-selection of technologies and markets for the electro electronic industry of Bogota and Cundinamarca. Portfolio selection criteria were defined and weighted through workshops with industry stakeholders, and technologies and markets were sorted based on identified criteria. Finally, the stage of balance and adjustment was carried out to ensure consistency and balance of the portfolios.

## **1. Introducción y objetivos**

El presente trabajo propone una metodología para la conformación de portafolios de campos tecnológicos y de segmentos de mercado en el marco de la definición de agendas de investigación, desarrollo tecnológico e innovación (I+D+i) sectoriales. La investigación se desarrolló en el marco de un ejercicio de prospectiva tecnológica para la industria electro electrónica de la región Bogotá-Cundinamarca en Colombia. Este ejercicio es financiado parcialmente por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación Colciencias, es ejecutado por el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Industria Electro Electrónica e Informática (CIDEI) y tiene a la Asociación de Entidades del Sector Electrónico (ASESEL) como entidad beneficiaria.

Como parte del desarrollo del proyecto, resultó necesario identificar y priorizar las tecnologías en las cuales la industria electrónica de Bogotá y Cundinamarca debería enfocar sus esfuerzos y recursos para construir capacidades tecnológicas que condujeran a un escenario apuesta con una industria competitiva insertada en los mercados globales. Similarmente, era necesario identificar los mercados más promisorios a los que la industria debía ofrecer prioritariamente sus productos (bienes y servicios). Para lograr estos objetivos, el equipo del proyecto configuró una metodología para la selección de portafolios basada en una combinación de técnicas multicriterio.

Las tecnologías y segmentos de mercado que se seleccionaran, debían conformar un portafolio que sirviera de insumo a la generación de agendas de I+D+i para el desarrollo de la industria electro electrónica. Esto requirió establecer una serie de criterios a cumplir por las diferentes alternativas (tecnologías y segmentos de mercado), ya que la apropiada selección de estas depende de un conjunto de factores que deben ser combinados para identificar las mejores soluciones posibles.

La metodología presentada en este trabajo surge entonces como la solución a un problema de selección de alternativas encaminadas a la conformación de un portafolio de tecnologías y segmentos de mercado estratégicos para el desarrollo de una agenda de I+D+i para el sector electro electrónico de Bogotá y Cundinamarca, donde se debe tomar en cuenta la opinión e intereses de los diferentes actores que conforman el sector, y además, aplicar técnicas de selección multicriterio para lograr un portafolio que combine las alternativas más pertinentes.

## **2. Marco teórico**

### **2.1. Selección de portafolios en I+D+i**

Un portafolio es un grupo de unidades de análisis (JALONEN, 2007). Ejemplos típicos de estas unidades de análisis en el campo de la gestión de I+D+i son proyectos, segmentos de mercados, tecnologías, líneas de investigación, entre otros. Estas unidades de análisis se denominan alternativas u opciones, que en el caso del presente trabajo corresponden a campos tecnológicos y segmentos de mercado. La gestión de portafolios se refiere al proceso de evaluación, selección y reevaluación de alternativas. La selección de portafolios es una fase de la gestión de portafolios que incluye la representación del problema en la forma de un problema de selección de portafolios, la integración de las partes interesadas en el proceso de toma de decisiones, tratar el problema y finalmente comunicar el análisis y los resultados (JALONEN, 2007).

La selección de portafolios es un problema de decisión complejo por distintas razones. Usualmente hay más alternativas susceptibles ser seleccionadas que proyectos que aquellas que puedan ser efectivamente abordadas con los recursos disponibles. Por lo tanto, es necesario implementar un mecanismo de priorización para conformar un conjunto de alternativas óptimo (o casi óptimo) que satisfaga un conjunto de criterios definidos.

En la gestión de la I+D+I, la conformación de portafolios es especialmente desafiante, dado que estas decisiones se caracterizan por la intangibilidad, complejidad y orientación a futuro (CORRALES y ZULUAGA, 2013). Por lo tanto, una selección adecuada de portafolio resulta clave para la efectividad de las iniciativas de promoción de la I+D+I. Además, la selección de portafolio es una actividad crítica y clave en el proceso de definición de agendas de I+D+I ya que generalmente los recursos para apoyar las

alternativas que conformarían el portafolio son finitos, por lo tanto, estas alternativas deben ser priorizadas y filtradas. Adicionalmente hay que tener en cuenta que las decisiones de selección relacionadas con la conformación del portafolio normalmente congregan intereses encontrados en el ámbito de asignación de recursos (CHIEN, 2002).

Un método de selección de portafolio debe tener en cuenta tres objetivos: maximizar el valor del portafolio, mantener un equilibrio entre las alternativas seleccionadas y lograr la alineación estratégica (COOPER et al., 2001). También es importante que el procedimiento de selección asigne recursos escasos de una manera adecuada y eficiente que se ajuste a las capacidades y condiciones de la región (KILLEN et al., 2008). Otra función del proceso de selección de portafolio es la de contribuir a la creación o explotación de sinergias entre los diferentes alternativas (CORRALES Y ZULUAGA, 2013).

## **2.2. Técnicas analíticas para la evaluación multicriterio y multiatributo en la toma de decisiones**

El ser humano en medio de los procesos de decisión a que se ve enfrentado es afectado por la incertidumbre asociada a las frecuentes situaciones en las que debe tener en cuenta más de un criterio para “elegir” la opción más adecuada. SIMON (1955), había ya descrito que las organizaciones actuaban menos intentando maximizar una determinada función de utilidad, y cada vez más se planteaban múltiples y distintos objetivos a la vez, la mayoría de los cuales eran incompatibles entre sí.

Como consecuencia de esta problemática comienzan a desarrollarse las técnicas de selección multicriterio, conocidas en inglés como *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM), con el objetivo de abordar, en el campo empresarial, la toma de decisiones en un contexto de distintos objetivos en conflicto y en un entorno incierto.

Desde el punto de vista conceptual y de acuerdo con MORENO (1996), se entiende por decisión multicriterio, el conjunto de aproximaciones, métodos, modelos, técnicas y herramientas dirigidas a mejorar la calidad integral de los procesos de decisión seguidos por los individuos y sistemas, esto es, a mejorar la efectividad, eficacia y eficiencia de los procesos de decisión y a incrementar el conocimiento de estos procesos (valor añadido del conocimiento).

## **2.3. Antecedentes y evolución de las técnicas MCDM**

La aparición del MCDM tiene sus antecedentes en trabajos previos realizados por distintos investigadores en el siglo XIX, que aportaron a la ciencia económica nuevos conceptos (BARBA y POMEROL, 1997) como la teoría de la utilidad de Walras así como las funciones y curvas de indiferencia de Edgeworth utilizadas por Pareto.

Múltiples trabajos a mediados del siglo XX ayudaron a consolidar la base metodológica sobre la que se sustentó luego el MCDM. En 1961 se desarrollaron los aspectos esenciales de la programación por metas (CHARNES y COOPER, 1961) y en 1968 apareció ELECTRE (Elimination and Choice Translating Algorithm), el primer método de decisión multicriterio discreto (ROY, 1968).

En los años setenta se desarrolla la forma de solucionar el problema de la programación lineal con varios criterios (ZELENY, 1974) y en 1980 se publica el primer libro sobre el *Analytic Hierarchy Process* (AHP) (SAATY, 1980).

Un indicador de la creciente actividad que ya existía en esta área del conocimiento aparece en una publicación de 1996 (STEUER, et al., 1996), en la que se listan 1216 publicaciones, 208 libros, 31 revistas y 143 conferencias relacionadas con MCDM entre los años 1987 y 1992, y entre las que se incluyen la Técnica para el Ordenamiento de Preferencias por Similitud con la Solución Ideal (*Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution*, TOPSIS) (BEHZADIAN, et al., 2012) y el denominado Proceso Analítico Jerárquico (*Analytic Hierarchy Process*, AHP) (ODEYALE, et al., 2013), dentro de las técnicas de análisis multicriterio que más amplio uso han alcanzado.

### **2.3.1. Técnica para el ordenamiento de preferencias por similitud con la solución ideal (TOPSIS)**

La Técnica para el Ordenamiento de Preferencias por Similitud con la Solución Ideal (*Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution*, TOPSIS) se basa en el concepto intuitivo de que la alternativa seleccionada debe tener la distancia euclidiana más corta a una solución ideal y estar lo más lejos posible respecto a otra solución anti-ideal, cuando dichas alternativas son consideradas como vectores en un espacio n-dimensional (YOON e HWANG, 1985). Con el fin de definir la solución ideal, la técnica TOPSIS define un índice de similitud (o de proximidad relativa) que se construye combinando la proximidad al ideal y la lejanía respecto al anti-ideal (ROSHAN, et al., 2012).

La determinación de los atributos que serán empleados como base en la toma de decisión, donde dichos atributos representan las características que serán evaluadas en cada una de las alternativas, constituye el paso principal en la implementación de la técnica. De igual forma la posibilidad de involucrar múltiples atributos (tanto subjetivos como objetivos y tanto cualitativos como cuantitativos) en el análisis ha devenido sin lugar a dudas una de las mayores potencialidades de TOPSIS haciéndola útil en múltiples campos que van desde la selección y administración de recursos humanos (CHEN e TZENG, 2004) hasta la determinación de la mejor ubicación de plantas industriales (YOON e HWANG, 1985) y la selección de procesos de producción (RAO, 2008).

De igual forma en la implementación del método se han probado varias medidas estadísticas con el objetivo de minimizar el efecto de la colinealidad entre los atributos definidos (HUI CHANG, et al., 2010).

### **2.3.2. Proceso Analítico Jerárquico (AHP)**

El Proceso Analítico Jerárquico (*Analytic Hierarchy Process*, AHP), fue desarrollado como metodología a finales de la década del 70 (SAATY, 1980) y con el tiempo se transformó en una de las de mayor aplicación práctica. La técnica involucra todos los aspectos del proceso de toma de decisiones dentro del que se incluyen el modelamiento del problema a través de una estructura jerárquica que utiliza una escala de prioridades basada en la preferencia de un elemento sobre otro y a partir de la cual se logra combinar la multiplicidad de escalas correspondientes a los diferentes criterios.

Con la aplicación de AHP se logran integrar aspectos cualitativos y cuantitativos en un proceso único de decisión, donde se sintetizan los juicios emitidos y se ordenan las

alternativas de acuerdo con prioridades, lográndose una mejor comprensión de los sistemas complejos mediante su descomposición en elementos constituyentes, su estructuración jerárquica, así como la composición o síntesis de los juicios, de acuerdo con la importancia relativa de los elementos de cada nivel de jerarquía, siendo estas la clave para la conducción del sistema hacia un objetivo deseado como la solución de conflictos o un desempeño eficiente (SAATY, 1998).

Para determinar la mejor decisión el método AHP requiere de: la definición clara del problema, la definición de actores, la estructuración del problema de decisión en un modelo de jerarquía, la selección de las alternativas factibles, la construcción del modelo jerárquico, el ingreso de los juicios, la síntesis de los resultados y la validación de la decisión (SAATY, 1998).

### 3. Método

Para construir la metodología, se partió de una revisión analítica de la literatura existente sobre el problema de selección de portafolio con énfasis en el campo de formulación de agendas de I+D+I. Esta revisión permitió sustentar el diseño de la metodología a desarrollar, a partir de la determinación de los atributos que debería contemplar, así como la identificación de técnicas específicas que la metodología podría incorporar. A continuación se diseñó y construyó una metodología adhoc de análisis multicriterio para la priorización de los campos identificados. Para la aplicación de esta metodología se desarrollaron herramientas informáticas específicas (en hoja de cálculo) y se utilizó una herramienta de uso libre: PriEsT (*Priority Estimation Tool*) de la Universidad de Manchester. La metodología combina las metodologías Proceso Analítico Jerárquico (*Analytic Hierarchy Process*, AHP) (Saaty, 1980) y TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution*) (Hwang y Yoon, 1985; Lai, 1994; Hwang y Yoon, 1995).

Paralelamente se realizó una definición (pre selección) de campos tecnológicos y de segmentos de mercado a partir de la construcción de una taxonomía de varios niveles que identifica y relaciona los segmentos de mercados potenciales para la industria, las áreas de aplicación específicas asociadas a los distintos campos, las tecnologías involucradas en estas áreas y los campos tecnológicos que agrupan estas tecnologías.

Para la realizar esta pre selección y construir la taxonomía, se realizó una revisión bibliográfica acerca del estado actual de la electrónica en Colombia, descrita en el documento de Análisis del Entorno de la Industria Electro Electrónica (CIDEI, 2012), en el cual se resumen las principales líneas de trabajo de los grupos de investigación registrados en el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - COLCIENCIAS y áreas emergentes de la electrónica en Colombia. Asimismo, se realizó un ejercicio de comparación del estado actual con lo que se evidencia a nivel mundial, tomando como base el documento publicado en 2010 por el Banco Mundial acerca de las cadenas globales de valor de la industria electrónica (STURGEON y KAWAKAMI, 2010), en el que se identifican y describen los principales mercados finales de la industria electrónica.

Se identificaron luego aquellos campos tecnológicos de relevancia para el sector electro electrónico colombiano, tomando como referencia el análisis de las cadenas de valor realizado por el Banco Mundial (STURGEON e KAWAKAMI, 2010), los reportes (EE

TIMES, 2011 y FROST & SULLIVAN, 2012) y estudios prospectivos realizados por cadenas consultoras (RAND Corporation), donde se analizan las aplicaciones tecnológicas de mayor impacto en la sociedad hasta el año 2020 (SILBERGLITT et al., 2006).

El paso final consistió en la aplicación de la metodología construida para la selección de los portafolios de tecnologías y de segmentos de mercado identificados y listados (alternativas). La metodología se aplicó a través de la realización de talleres con actores relevantes de la industria, se definieron los criterios de selección de portafolio, su ponderación (con base en técnicas AHP) y se priorizaron los campos tecnológicos con base en los criterios identificados (aplicando técnicas TOPSIS). Una vez obtenidos los resultados, se llevaron a cabo las etapas de balance y ajuste para asegurar la consistencia y balance de los portafolios.

## 4. Resultados y discusión

### 4.1. Identificación de Tecnologías y Segmentos de Mercado

Como se muestra en la Figura 1, inicialmente se identificaron 27 segmentos de mercado que puede atender la industria electro electrónica, para lo cual se utilizó la información recolectada acerca del estado actual de la industria en el mundo. Luego se tomó cada uno de los segmentos y se identificaron áreas de aplicación de la industria relacionadas con estos, obteniéndose 95 áreas en total, que fueron posteriormente agrupadas en 33. Por último se listaron todas las tecnologías asociadas a las áreas de aplicación, que fueron agrupadas en un total de 13 campos científico tecnológicos para facilitar el proceso de selección.

De los 27 segmentos de mercados desde los cuales se inició el proceso de búsqueda de tecnologías, hubo algunos que se lograron agrupar para obtener un listado final de 21 segmentos de mercado.

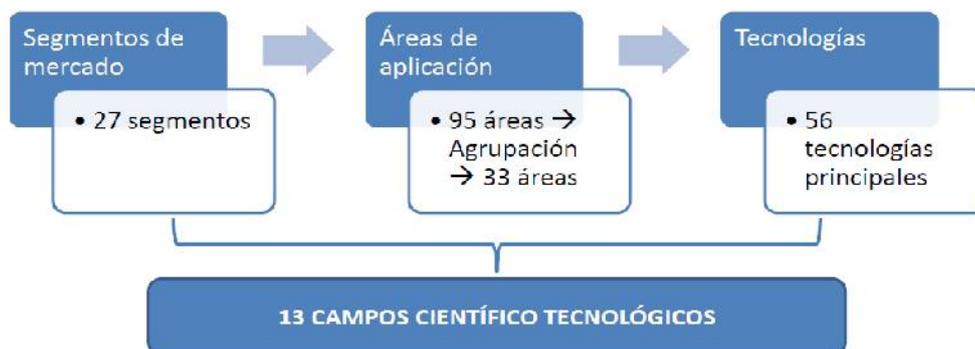


Figura 1. Proceso de identificación de tecnologías

Una vez depurados los diferentes niveles de esta taxonomía y definidos los segmentos de mercado y tecnologías, se pasó a la siguiente etapa, donde se debían clasificar por orden de importancia, de tal forma que pudieran servir para generar actividades de I+D+i que lleguen a impactar favorable y significativamente la competitividad de la industria electro electrónica de Bogotá y Cundinamarca.

Para llevar a cabo la tarea de priorizar los campos tecnológicos y los segmentos de mercado, se aplicaron los métodos de selección multicriterio AHP y TOPSIS. Para aplicar estos métodos se requirió definir algunos criterios de selección para las tecnologías y otros criterios para los segmentos de mercado.

Con los criterios definidos se utilizó la herramienta de uso libre PriEST (*Priority Estimation Tool*), de la Universidad de Manchester, que permitió aplicar AHP para la ponderación de los criterios de selección, de tal forma que se asignara un peso a cada criterio. Una vez seleccionados y ponderados los diferentes criterios, se priorizaron las tecnologías, y los segmentos de mercado aplicando la técnica TOPSIS, que permite calificar cada tecnología/segmento, teniendo en cuenta la importancia o influencia de los criterios seleccionados sobre cada elemento. La aplicación de esta técnica contó con el apoyo de una herramienta propia desarrollada mediante hoja de cálculo.

El proceso de priorización se realizó a través diferentes talleres, en los cuales participó un total de 25 personas, que representaron los diferentes actores relevantes de universidad, empresa y Estado, que influyen en el desarrollo de la industria electro electrónica de Bogotá y Cundinamarca. En estas sesiones se definieron los pesos de los criterios de selección con base en la técnica AHP, y se priorizaron los elementos (campos tecnológicos y segmentos de mercado) usando la técnica TOPSIS.

De acuerdo con el ordenamiento obtenido en el taller de TOPSIS, se identificaron algunas sinergias existentes en los campos tecnológicos y segmentos de mercado priorizados, para de esa forma dar solución al problema de selección, y definir y elaborar el portafolio que orientará los esfuerzos de I+D+i de la industria electro electrónica de Bogotá y Cundinamarca, y que servirá de base para la generación de estrategias que mejoren la productividad y el reconocimiento del sector electro electrónico a nivel nacional.

De acuerdo con lo anterior, un diagrama que representaría el flujo de trabajo de la metodología se presenta en la Figura 2.

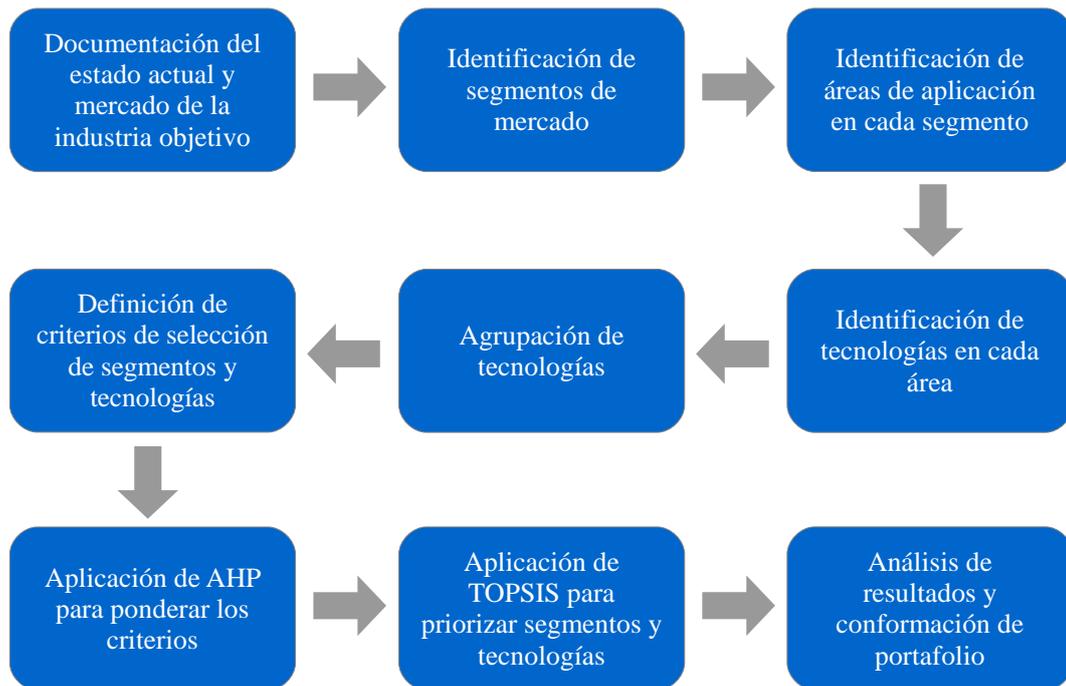


Figura 2. Diagrama de proceso de la metodología propuesta

## 4.2. Resultados

Se realizó un conjunto de talleres para la priorización de campos tecnológicos y segmentos de mercado con actores relevantes de la industria electro electrónica de Bogotá y Cundinamarca. A continuación se presentan los resultados obtenidos en los ejercicios y la consolidación de estos resultados para obtener una visión común acerca de los campos tecnológicos y los segmentos de mercado más importantes para la industria electro electrónica de la región.

### 4.2.1. Campos tecnológicos

Para la definición de criterios de preselección se realizó un ejercicio de lluvia de ideas en los que cada miembro del equipo de desarrollo del proyecto propuso una serie de criterios que pudieran ser relevantes para tomar decisiones de selección de campos. Luego, a través de talleres grupales se validaron, organizaron y agruparon los diferentes criterios y a cada agrupación se le dio la connotación de variable o criterio de selección. Este ejercicio sirvió para obtener finalmente cinco criterios evaluadores de campos científicos y/o tecnológicos: Capacidades nacionales, áreas de aplicación, simplicidad de desarrollo, alineación con mega tendencias y posibilidad de crecimiento. La Tabla 1 presenta una breve descripción de cada criterio.

Tabla 1. Criterios de selección de campos tecnológicos

Criterio	Descripción
Capacidades nacionales	Se refiere a las capacidades científicas y tecnológicas nacionales, disponibles para actividades de I+D+i en el campo tecnológico específico.
Áreas de aplicación	Hace referencia a la cantidad e importancia de las áreas de aplicación (o segmentos de mercado) en las que el campo tecnológico es relevante, especialmente cuando aporta a la generación de valor agregado. Da una idea de la transversalidad del campo tecnológico.
Simplicidad de desarrollo	La facilidad para construir capacidades a partir de actividades de I+D+i en el desarrollo del campo tecnológico (Por ejemplo: Requerimientos de inversión, curva de aprendizaje del recurso humano, infraestructura requerida, equipos especializados de alta tecnología, etc.).
Alineación como megatendencias	Este criterio define qué tanto se puede relacionar/alinear/aplicar el campo tecnológico con tendencias globales (Sostenibilidad ambiental, variabilidad climática, energías alternativas, por ejemplo) o en qué medida se puede considerar que el campo tecnológico como tal es una megatendencia.
Posibilidad de crecimiento	Proyección del campo tecnológico a futuro, capacidad que se vislumbra en el campo para el incremento de su desarrollo tecnológico.

En relación con los criterios de selección empleados en los ejercicios de priorización, en la Tabla 2 se muestran los pesos obtenidos por estos según los resultados del ejercicio AHP. El método AHP cuenta con un índice de inconsistencia como una medida para verificar la consistencia de los datos proporcionados por los participantes del ejercicio. Este índice de inconsistencia se debe encontrar por debajo de un 10% para garantizar la confiabilidad de los resultados. Para el caso de los campos científicos y tecnológicos el ejercicio obtuvo un valor de 1,43%, lo que da una alta confiabilidad a las ponderaciones asignadas a cada criterio en los talleres.

Tabla 2. Ponderación de los criterios de selección de campos tecnológicos

Criterio	Peso
1. Capacidades Nacionales	0,06
2. Áreas de Aplicación	0,21
3. Simplicidad de Desarrollo	0,06
4. Alineación con Mega tendencias	0,25
5. Posibilidad de Crecimiento	0,42

Para los campos científicos y tecnológicos la posibilidad de crecimiento es el criterio de mayor peso, determinando por sí solo alrededor del 50% de la decisión. De otro lado, la simplicidad de desarrollo, si bien es un criterio considerado como importante, debido a que podría condicionar los recursos necesarios para desarrollar un campo, al ser comparado con los otros criterios resultó tener el menor peso con sólo un 6% de incidencia en la ponderación. Los criterios restantes ocupan posiciones intermedias con un peso que oscila entre el 10% y el 20%.

El paso siguiente se dirigió hacia el ordenamiento de los campos tecnológicos mediante la aplicación de la técnica TOPSIS con las ponderaciones obtenidas mediante AHP para los criterios de selección, y las valoraciones dadas por los expertos respecto al grado de cumplimiento de cada alternativa (campo tecnológico) frente a los distintos criterios. El resultado final del ejercicio se presenta en la Figura 3, donde se observan los campos tecnológicos en orden descendente conforme a lo arrojado por el método, donde los valores más cercanos a 1 son los de mayor relevancia.

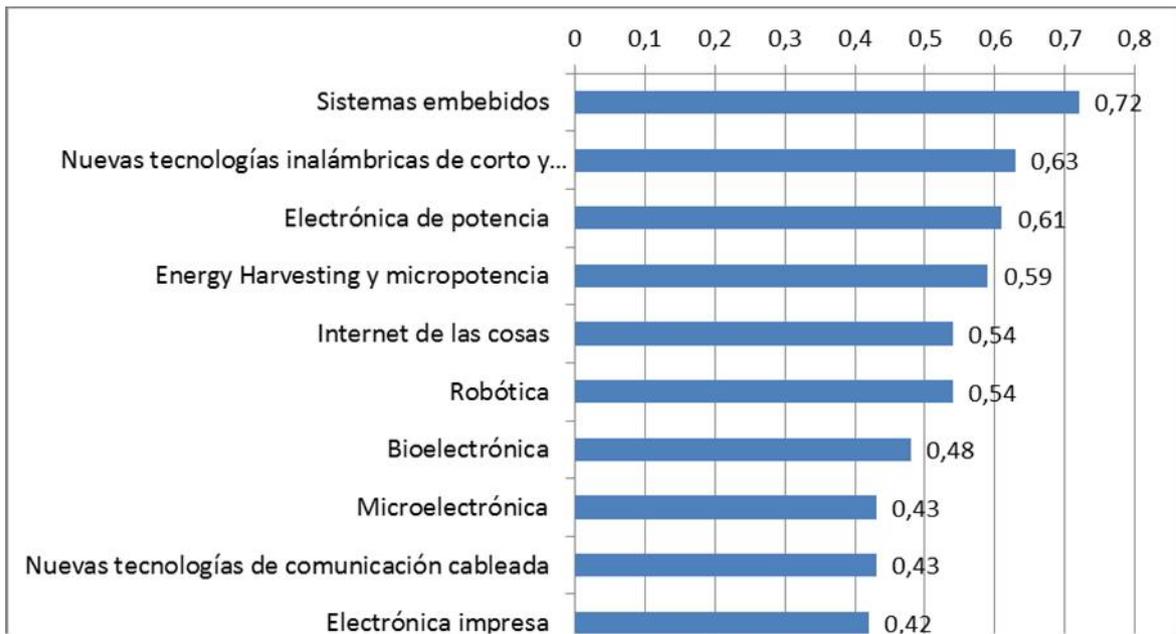


Figura 3. Ordenamiento de campos tecnológicos aplicando el método TOPSIS

En la Figura 3 se observa que los sistemas embebidos resulta ser el campo tecnológico de mayor relevancia ya que da un alto nivel de satisfacción a la totalidad de criterios de selección definidos. Otros campos tecnológicos priorizados en el ejercicio corresponden a las nuevas tecnologías inalámbricas de corto y largo alcance, electrónica de potencia y *energy harvesting* y micropotencia.

#### 4.2.2. Segmentos de mercado

De forma similar al proceso de priorización de campos tecnológicos, se realizó un ejercicio con base en AHP para la ponderación de los criterios de selección que se aplicaron a los segmentos de mercado. En este caso los criterios fueron: Tamaño del segmento nacional (volumen de ventas), tamaño del segmento internacional (volumen de ventas), simplicidad de entrada al segmento, capacidades del sector electro electrónico (para atender al segmento), apoyo gubernamental para promover el segmento y capacidades del segmento (para generar sinergias con el sector electro electrónico). La Tabla 3 presenta la descripción de estos criterios de selección.

Tabla 3. Criterios de selección de segmentos de mercado

Segmento de Mercado	Descripción
Tamaño del segmento nacional	Se refiere al tamaño medido en volumen de ventas de los diferentes segmentos identificados, a nivel nacional. Para definir la calificación de cada segmento respecto a este criterio, se utilizaron datos cuantitativos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia (DANE). Aquellos segmentos que presentaron los volúmenes más altos de ventas se consideraron como más atractivos y tuvieron una calificación mayor que los que tenían volúmenes bajos de ventas.
Tamaño del segmento internacional	Se refiere al tamaño medido en volumen de ventas de los diferentes segmentos identificados, a nivel internacional. Para definir la calificación de cada segmento respecto a este criterio, se utilizaron datos cuantitativos del sitio web <a href="http://ycharts.com/sectors">ycharts.com/sectors</a> . Aquellos segmentos que presentaron los volúmenes más altos de ventas se consideraron como más atractivos y tuvieron una calificación mayor que los que tenían volúmenes bajos de ventas.
Facilidad de entrada	Para efectos de este ejercicio, la facilidad de entrada a un segmento se define

Segmento de Mercado	Descripción
	como qué tan sencillo es entrar a desarrollar o comercializar productos (bienes o servicios) en determinado segmento. Por ejemplo, un segmento en el que no haya competidores muy grandes que acaparen el mercado o donde las normas técnicas y de calidad a cumplir sean poco complejas, será un segmento en el que se considera fácil ingresar.
Capacidades del sector electro electrónico	Este criterio se refiere a las capacidades científicas, tecnológicas, de infraestructura, de capital humano, etc., con las que cuenta el sector electro electrónico para desarrollar soluciones enfocadas hacia determinado segmento. Esto es, grupos de investigación, laboratorios para la fabricación y prueba de equipos electro electrónicos especializados en un segmento, investigadores expertos en tecnologías aplicables a bienes y servicios dirigidos a un segmento, entre otras capacidades.
Apoyo gubernamental para promover el segmento	Se relaciona con la inclusión de un segmento determinado en planes regionales o nacionales de ciencia, tecnología e innovación, además de la disponibilidad de recursos de financiación a través de convocatorias específicas para el fortalecimiento de un segmento, el impulso a la creación de entidades que velen por el desarrollo de un segmento, entre otros, todo esto a nivel nacional y mundial.
Capacidades del segmento	Similar al criterio de capacidades del sector electro electrónico, este criterio se refiere a las fortalezas con las que cuenta cada segmento, desde el punto de vista científico, tecnológico, de infraestructura, etc., que faciliten el desarrollo de sinergias con el sector electro electrónico. Es decir, cada segmento ha tenido en mayor o menor medida avances científicos en los que el sector electro electrónico no haya incursionado, además, algunos pueden contar con infraestructura y profesionales que pudieran brindar apoyo al desarrollo de soluciones en electro electrónica para atender necesidades del segmento.

En la Tabla 4 se presenta el resultado de la ponderación, El valor del índice de inconsistencia del ejercicio AHP para la asignación de pesos a los criterios de selección de segmentos alcanzó el 6.61%.

Tabla 4. Ponderación de los criterios de selección de segmentos de mercado

Criterio	Peso
Tamaño Segmento Nacional	0,10
Tamaño Segmento Internacional	0,08
Simplicidad de Entrada	0,11
Capacidades de del Sector Electro-Eléctrico	0,19
Apoyo Gubernamental para Promover el Segmento	0,27
Capacidades del segmento	0,25

Los criterios más relevantes resultaron ser el apoyo gubernamental y las capacidades del segmento, los cuales juntos representan más del 50% del peso de la toma de decisión. También obtuvo una valoración significativa el criterio de capacidades nacionales del sector. Llama la atención que los criterios relacionados con tamaño de segmento de mercado hayan sido los de menor ponderación, lo cual puede deberse a una orientación de la industria a enfocarse en nichos específicos más que en mercados masivos.

De manera similar al ejercicio desarrollado para campos tecnológicos, se procedió a realizar el ordenamiento de segmentos de mercado mediante la aplicación de la técnica TOPSIS con las ponderaciones para los criterios de selección obtenidas mediante la aplicación del método AHP. Nuevamente se acudió a la realización de talleres de expertos para valorar el grado de satisfacción de cada alternativa (segmento de mercado) respecto a

los distintos criterios. La Figura 4 presenta el ordenamiento de segmentos de mercado obtenido.

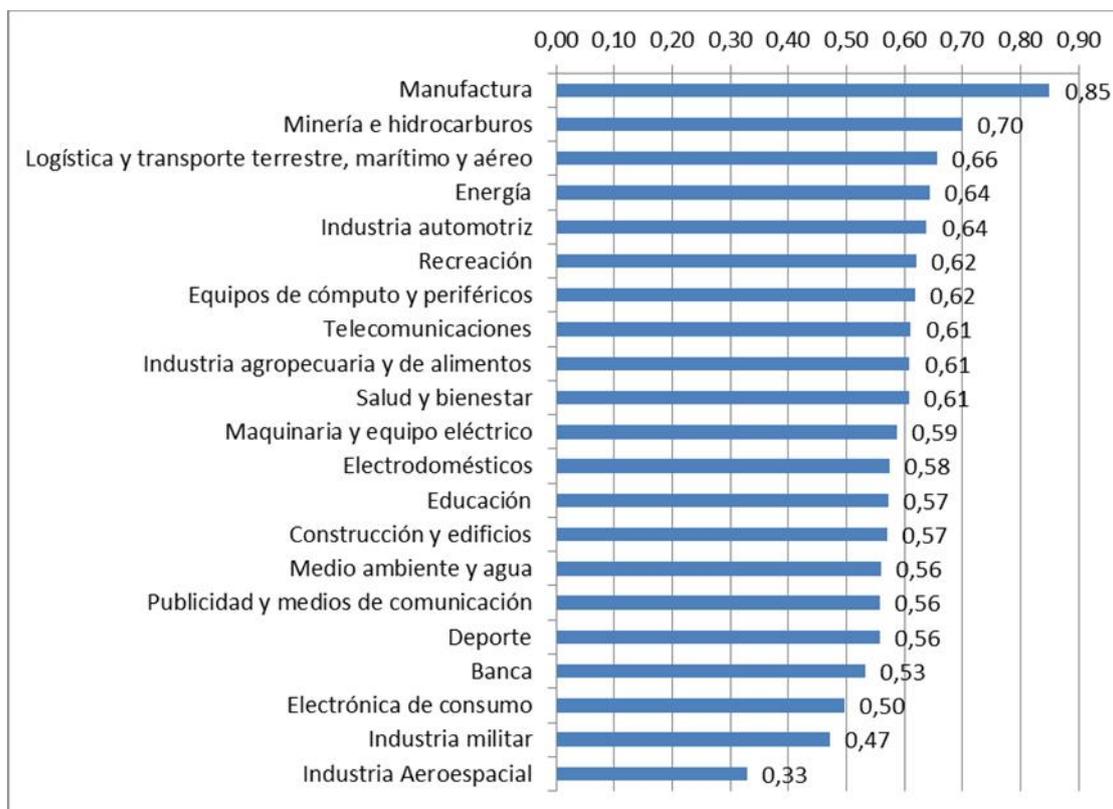


Figura 4. Ordenamiento de los segmentos de mercado aplicando el método TOPSIS

En la jerarquización de los segmentos de mercado (Figura 4), se observa que el segmento más relevante resulta ser manufactura, seguido por minería e hidrocarburos. Otros segmentos prometedores según el ejercicio resultan ser logística y transporte, energía e industria automotriz.

#### 4.2.3. Definición del portafolio

Una vez obtenidos los ordenamientos tanto de campos tecnológicos como de segmentos de mercado se procedió a construir sendos portafolios. La lógica detrás de esto es que el portafolio óptimo no corresponde necesariamente a la selección de las alternativas que aparecen en los primeros lugares en el ordenamiento. Es necesario realizar un ejercicio de ajuste a los resultados obtenidos orientado a conformar un portafolio balanceado. Por ejemplo, para el caso de campos tecnológicos el criterio de capacidades nacionales resultó como poco relevante. Esto puede hacer tender a que en la priorización los primeros lugares los ocupen alternativas en las que no necesariamente se tenga un alto nivel de capacidades nacionales. Sin embargo, no parece inteligente construir un portafolio donde no se puedan explotar capacidades ya desarrolladas. Por lo tanto, el portafolio debe contemplar alternativas de distintos tipos en términos de niveles de riesgo, recursos requeridos o tiempos necesarios para obtener los primeros impactos, entre otros aspectos.

Para realizar el ejercicio de balance y construcción del portafolio, se realizó una nueva sesión de taller de expertos con los ordenamientos obtenidos para campos tecnológicos y segmentos de mercado como insumos, así como información detallada de la ubicación de cada alternativa respecto a los criterios de selección. Así se definieron las siguientes categorías para conformar el portafolio de campos tecnológicos:

- Campos de aprovechamiento inmediato: Corresponden a aquellos en los que se debe explotar y aprovechar las capacidades existentes en proyectos de desarrollo tecnológico e innovación (enfoque de corto plazo). Dentro de estos campos se encuentran los sistemas embebidos, las nuevas tecnologías inalámbricas de corto y largo alcance, y la electrónica de potencia.
- Campos para inversión en capacidades: Corresponden a aquellos campos en los que se debe invertir en la generación de capacidades a través de investigación aplicada, con potencial para generar desarrollo tecnológico (enfoque de mediano plazo). Dentro de estos se encuentran *energy harvesting* y micropotencia, y el Internet de las cosas.
- Campos potenciales o exploratorios: Son aquellos campos en los que se hace necesaria la investigación básica (enfoque de largo plazo) para generar nuevo conocimiento y desarrollar capacidades científicas. En esta categoría se identificaron tres campos: Bioelectrónica, electrónica impresa y nanoelectrónica.

Para conformar el portafolio de segmentos de mercado se definieron dos categorías:

- Segmentos prioritarios: Son los que presentan un mayor potencial de explotación a corto plazo, principalmente debido a que se encuentran priorizados en planes y programas nacionales de carácter tecnológico e industrial, lo que plantea oportunidades inmediatas para el desarrollo de soluciones en electro electrónica para sus necesidades. Los segmentos seleccionados en estas categorías son: manufactura, energía e hidrocarburos, energía, industria agropecuaria y de alimentos y salud y bienestar.
- Segmentos exploratorios: Se proponen como segmentos en los que la electro electrónica en Colombia puede generar alto valor agregado en el mediano y largo plazo, para lo cual habrá que generar capacidades en los diferentes campos científico tecnológicos de la electro electrónica que tengan aplicaciones en este segmento. En esta categoría se identifican los segmentos: industria automotriz, telecomunicaciones y maquinaria y equipo eléctrico.

La Figura 5 presenta la conformación de los portafolios de campos tecnológicos y segmentos de mercado obtenidos.



Figura 5. Portafolio de campos tecnológicos y segmentos de mercado conformado

## 5. Conclusiones

Una metodología para la selección de portafolios (de tecnologías y segmentos de mercados) ha sido propuesta. Esta metodología busca apoyar a los tomadores de decisión en la selección y formulación de agendas de I+D+I. La metodología se fundamenta en la combinación de técnicas multicriterio que permiten, en primera instancia, definir y ponderar el peso de los criterios de selección (mediante la técnica AHP), para posteriormente aplicar la técnica TOPSIS para la selección de alternativas.

Se ha descrito la aplicación de la metodología en la construcción de portafolios tecnológicos y de mercado para la industria electro electrónica de Bogotá-Cundinamarca. Durante esta aplicación, la metodología demostró ser valiosa, gracias a que genera insumos basados en la participación de diversos actores interesados, para la construcción de portafolios consistentes, balanceados y orientados a la generación de sinergias entre tecnologías y segmentos de mercado.

La aplicación de la metodología propuesta permitió obtener un conjunto de campos tecnológicos y segmentos de mercado prioritarios que conformarían un portafolio para la agenda de I+D+i sectorial, debido a que resultaron de la visión compartida de diferentes actores de la industria.

Entre los trabajos futuros a desarrollar, se cuenta la aplicación y validación de esta propuesta metodológica en la conformación de agendas de I+D+I para otras industrias, así como una evaluación de la implementación de los portafolios construidos en este ejercicio.

## 6. Referencias

BARBA, S.; POMEROL, J. C. **Decisiones Multicriterio: Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica.** Madrid: Universidad de Alcalá, 1997.

BEHZADIAN, M.; KHANMOHAMMADI, S.; YAZDANI, M.; IGNATIUS, J. A state-of-the-art survey of TOPSIS applications. **Expert Systems with Applications**, v. 39, p. 13051-13069, 2012.

CHARNES, A.; COOPER, W. **Management Models and Industrial Applications of Linear Programming**. New York: Wiley, v. 1, 1961.

CHEN, M. F.; TZENG, G. H. Combining gray relation and TOPSIS concepts for selecting an expatriate host country. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 40, p. 1473-1490, 2004.

CHIEN, C. A portfolio-evaluation framework for selecting projects. **R&D Management**, v. 32, n. 4, p. 359-368, 2002.

CIDEI. **Análisis del entorno de la cadena Maquinaria y Equipo Eléctrico y Electrónica Profesional**. CIDEI – Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Industria Electro Electrónica e Informática. Bogotá-Colombia. 2012.

COOPER, R.; EDGETT, S.; KLEINSCHMIDT, E. **Portfolio Management for New Products**. Cambridge (MA): Perseus Publishing, 2001.

CORRALES, N.; ZULUAGA, D. Framework for innovation project portfolio selection in small–medium sized enterprises. **22nd International Conference on Management of Technology**, Portoalegre, Brasil, Abril, 2013.

EE TIMES. EE Times, 2011. Disponível em: <<http://www.eetimes.com/electronics-news/4231126/EE-Times--20-hot-technologies-for-2012>>. Acesso em: Mayo 2012.

HUI CHANG, CH.; JIUAN LIN J. et al. Domestic open-end equity mutual fund performance evaluation using extended TOPSIS method with different distance approaches. **Expert Systems with Applications**, v. 37, p. 4642-4649, 2010.

JALONEN, E. **Portfolio decision making in innovation management**. Helsinki University of Technology. Helsinki. Master of Science in Technology Thesis, 2007.

KILLEN, C.; HUNT, R.; KLEINSCHMIDT, E. Project portfolio management for product innovation. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 5, n. 1, p. 24-38, 2008.

MORENO, J. M. **Metodología Multicriterio en el Plan Nacional de Regadíos**. España. Informe, 1996.

ODEYALE, S.O.; ALAMU, O.J.; ODEYALE E.O. The Analytical Hierarchy Process Concept for Maintenance Strategy Selection in Manufacturing Industries. **The Pacific Journal of Science and Technology**, v. 14, n. 1, p. 223-233, 2013.

RAO, R. V. Evaluation of environmentally conscious manufacturing programs using multiple attribute decision-making methods. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers - Part B - Engineering Manufacture**, v. 222, n. 3, p. 441-451, 2008.

ROSHAN, G.; MIRKATOULI, G.; SHAKOOR, A. A new approach to technique for order-preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) method for determining and ranking drought: A case study of Shiraz station. **International Journal of the Physical Sciences**, v. 7, n. 23, p. 2994-3008, 2012.

ROY, B. Classement et choix en présence de points de vue multiples, le méthode ELECTRE. **Reveu Francaise d'Informatique et de Recherche Opérationnelle**, v. 2, n. 8, p. 57-75, 1968.

SAATY, T. **The Analytic Hierarchy Process**. EEUU: Mc Graw Hill, 1980.

SILBERGLITT, R. et al. **The Global Technology Revolution 2020, In-Depth Analyses.** RAND Corporation. Santa Monica - California. 2006.

SIMON, H. A Behavioral Model of Rational Choice. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 69, n. 1, p. 99-118, Febrero 1955.

STEUER, R.; GARDINER, R.; GRAY, J. A bibliographic survey of the activities and international nature of multicriteria decision making. **Journal of Multicriteria Decision Analysis**, v. 5, p. 195-217, 1996.

STURGEON, T.; KAWAKAMI, M. **Global Value Chains in the Electronics Industry.** The World Bank. Policy Research Working Paper. 2010.

YOON, K.; HWANG, C. Manufacturing plant location analysis by multiple attribute decision making: Part I-single-plant strategy. **International Journal of Production Research**, v. 23, p. 345-359, 1985.

ZELENY, M. **Linear Multiobjective Programming.** New York: Springer-Verlag, 1974.