

MODELO DE OPORTUNIDAD TECNOLÓGICA

José A. Cordero Martín
Doctor en Ciencias Físicas

1. INTRODUCCION.

Se pretende presentar una metodología que ayude a la toma de decisiones relacionadas con la oportunidad de la asignación de fondos a una u otra tecnología, dentro de la política de promoción de temas de I + D relacionados con las necesidades futuras de las Fuerzas Armadas.

No se aportan pues soluciones, nada más lejos de nuestra intención y sobre todo de nuestra capacidad, sino únicamente se plantea un conjunto sistematizado de acciones que creemos puede permitir realizar unas elecciones de prioridades con un alto grado de objetividad.

Es preciso indicar también que hasta el momento es sólo un ejercicio teórico y que es preciso contrastar el método con la realidad para depurarlo y perfeccionarlo.

Hemos utilizado como ejemplo, y con la sola intención de centrar ideas, los datos recogidos en un estudio similar realizado hace años sobre los productos de electrónica profesional. De todos los datos recogidos y tratados en aquella ocasión hemos presentado como ejemplos los correspondientes al sector de Defensa.

Entendemos que el método tiene tres partes fundamentales, que designaremos por:

- Determinación de los conjuntos Areas Tecnológicas y Productos.
- Construcción de las matrices productos-areas tecnológicas.

- Tratamiento de los datos mediante el M.O.T. (Modelo de Oportunidad Tecnológica).

Para cada una de estas partes explicaremos los objetivos a alcanzar y el método que sugerimos utilizar para alcanzarlos.

2. DETERMINACION DE LOS CONJUNTOS, AREAS TECNOLOGICAS Y PRODUCTOS.

Esta determinación influye decisivamente en los resultados del estudio, ya que éste, fundamentalmente indicará las áreas tecnológicas más interesantes a desarrollar en función de los productos que se consideren más importantes.

Es pues fundamental elegir estos dos conjuntos con gran cuidado, no sólo en cuanto a la selección de las personas que han de definirlos sino también en el contenido concreto y discernible de cada elemento del conjunto.

2.1. Conjunto de Productos.

Deben ser elegidos por personas que puedan conocer las necesidades de productos a plazo medio y largo. Han de realizarse estimaciones de los posibles mercados, así como de los índices previsible de crecimiento o decrecimiento de estos mercados, y tener además una estimación cualitativa del grado de dinamicidad tecnológica de cada producto.

La elección de productos debe individualizarlos hasta el punto en que pueda hablarse de unas ventas posibles y unas técnicas de fabricación determinadas.

Para obtener este conjunto se sugiere utilizar un método Delphi modificado.

La propuesta de funcionamiento es:

- Selección, por el grupo de trabajo, de un conjunto de personas pertenecientes a las Fuerzas Armadas y a las Industrias de Armamento que se suponga puedan tener, aun subconscientemente, el mayor conocimiento respecto a los mercados de los productos a estudiar.

- Envío a este panel de expertos de un documento explicativo de lo que se espera de ellos. La petición debe ir suficientemente estructurada para que no existan dudas respecto a los datos que se solicitan, a fin de que las respuestas sean homogéneas.

Los datos a solicitar son:

- * Nombre del producto.
 - * Mercado previsible a un plazo determinado. Dado que se desean tomar acciones de I + D, el plazo debe ser del orden de cinco años.
 - * Variación esperable de ese mercado. Dar posibilidades de respuestas claras. Por ejemplo, crecimiento importante ++, crecimiento lento +, estancamiento del mercado 0, producto con mercado decreciente —.
 - * Dinamicidad tecnológica del producto. También deben ceñirse las respuestas a valoraciones cualitativas, por ejemplo: **A** Dinamicidad tecnológica alta, **M** media, **B** baja.
- Las respuestas recibidas permitirán, mediante su comparación, realizar un listado que podemos llamar listado más probable y en el que incluiremos los datos con mayor número de respuestas favorables.
 - Se volverá a enviar a cada experto el listado más probable, así como su propia respuesta. Se solicitará que, a la vista de las respuestas del resto del panel, cuyo valor medio o más probable se le suministra, vuelva a enviar su listado modificando lo que crea conveniente o afirmándose en aquellos datos que se separan de listado más probable. En este caso se ruega den las razones que justifican su apreciación.
 - Finalmente se realiza una reunión de todos los expertos para discutir dicho listado, que después de esta reunión se considera definitivo.

Con este procedimiento estamos recogiendo el conocimiento distribuido existente, y si la selección de expertos se ha realizado convenientemente, habremos obtenido probablemente el mejor listado posible con el nivel de conocimientos actual. En base a estos datos será preciso trabajar.

2.2. **Conjunto de Areas Tecnológicas.**

El primer punto conflictivo para lograr este conjunto es la propia definición de lo que entendemos por área tecnológica.

Dado que intentamos conocer las mejores acciones a tomar para incidir en desarrollo de productos, entendemos que no tiene sentido introducir una clasificación académica de las ciencias y las tecnologías.

Este conjunto debe estar elegido de forma que los resultados del estudio permitan realizar acciones concretas que repercutan en la posibilidad de resolver problemas tecnológicos de la fabricación de dichos productos.

En este sentido proponemos como área tecnológica el conjunto mínimo de conocimientos y dominio de técnicas que debe poseer un técnico especialista en un campo determinado. Lógicamente, en la mayoría de los casos cualquier profesional dominará varias áreas tecnológicas, lo cual no resta validez a la definición. Por el contrario, no es imaginable que un técnico especialista en cualquiera de las tecnologías así definidas no la domine en su totalidad.

Así pues, por extensión, la "tecnología" que posee una empresa es el conjunto de las tecnologías sedimentadas por sus técnicos.

2.3. **Procedimiento.**

En base a la definición indicada en el apartado anterior, para realizar la clasificación buscada se sugiere el proceso que se describe a continuación.

En primer lugar, el equipo de trabajo realizará una clasificación previa que será remitida a una serie de expertos destacados a nivel nacional, y ligados tanto al ámbito de la empresa privada, como al de la investigación oficial.

A estos expertos se les rogará que aporten cuantas precisiones y modificaciones estimen oportunas, dándoles incluso la opción de ofrecer una nueva clasificación esencialmente distinta.

A la vista de éstas, el equipo de trabajo realizará una nueva clasificación que será utilizada durante el proceso de elaboración de la matriz cuya descripción se ofrecerá en el próximo apartado.

Durante este proceso, la clasificación propuesta mostrará seguramente algunas carencias e imprecisiones, por lo que irá sufriendo algunas modificaciones.

Al final de todo el proceso se llegará a establecer como definitiva la clasificación de áreas tecnológicas sobre la que se actuará, de acuerdo a los resultados del modelo.

Como criterio general se procederá a una clasificación con divisiones sucesivas con mayor detalle, buscando siempre que las áreas tecnológicas queden definidas suficientemente, a fin de que las acciones a tomar según los resultados del estudio sean posibles. A título de ejemplo, es evidente que si la clasificación queda al nivel de mecánica, electrónica, óptica, etc., cualquier intento de utilizar los resultados es inviable. Lo mismo podría suceder si la clasificación llegase al extremo de referirse a algo tan concreto como Tecnología CMOS para circuitos integrados.

3. MATRIZ PRODUCTOS-AREAS TECNOLOGICAS.

Esta fase es otra parte fundamental del trabajo. Mediante su realización conoceremos una serie de datos que nos permitirán posteriormente evaluar la oportunidad de promover cada una de las áreas tecnológicas.

Los datos principales a recoger son:

- Grado de influencia de cada área tecnológica en el desarrollo de cada producto. Será preciso enviar a los expertos unas calificaciones concretas y definitivas. Fundamentalmente conviene resaltar las áreas tecnológicas críticas y las importantes. Consideramos críticas aquellas de las que depende fundamentalmente la consecución de un producto competitivo en el mercado. Importante es el área tecnológica fundamental para lograr un producto, pero de la que no se espera que proporcione un mejor nivel de competitividad. Estos niveles de importancia se pueden reflejar por figuras diferentes en las casillas correspondientes, por ejemplo, un círculo para las críticas y un rombo para las importantes. En el caso que se considere oportuno, se puede introducir un cuadrado para áreas tecnológicas que intervienen con un menor grado de influencia.

- Grado actual de disponibilidad o accesibilidad de la industria española a cada una de estas áreas tecnológicas en su aplicación concreta a la fabricación de cada producto.

Como valoración sugerimos se escriba, dentro de cada círculo o rombo, un número del 0 al 4, con el siguiente criterio:

0. Se trata de un área tecnológica inaccesible para la industria española, que no hay más remedio que importar si se quiere disponer de ella.
1. Area tecnológica accesible, pero mediante un gran esfuerzo. Estaría en duda si sería más positivo importarla que desarrollarla.
2. Area tecnológica que, aunque exija un esfuerzo importante para dominarla, está al alcance de la Industria y los Centros de Investigación españoles.
3. Area tecnológica que puede ser dominada con poco esfuerzo.
4. Area tecnológica que actualmente está dominada.

3.1. Método de realización de la matriz.

Se propone un método Delphi como el anteriormente citado.

Los expertos deben ser elegidos entre utilizadores, fabricantes y organismos de investigación, a fin de contar con diferentes enfoques del problema.

Las reuniones finales en las que se elaborarán las matrices definitivas han de prepararse con sumo cuidado, siendo conveniente realizar diferentes reuniones por temas.

4. TRATAMIENTO DE LOS DATOS MEDIANTE EL MODELO DE OPORTUNIDAD TECNOLÓGICA.

4.1. Planteamiento General.

Llegados a este punto del estudio, se plantea la necesidad de idear un procedimiento de algún tipo para obtener conclusiones de modo sistemático, en relación con las dilatadas listas de procedimientos y tecnologías en torno a las cuales se ha venido trabajando.

Básicamente se cuenta, como producto de todo el largo proceso de análisis anterior, con unas ciertas evaluaciones del nivel de criticidad de una determinada tecnología en la fabricación de un producto y del nivel de accesibilidad de la industria española hasta esa tecnología aplicada, precisamente a la fabricación del producto indicado, cuyo volumen de mercado da una idea cuantitativa de su importancia.

A partir de esta información, de la cual se dispone para toda una larga serie de productos agrupados por subsectores y una gama de áreas tecnológicas, que abarcan prácticamente todo el saber técnico aplicable a la fabricación de los productos, es preciso obtener alguna norma que permita orientar los esfuerzos de I + D, de forma que se obtenga una máxima rentabilidad para los recursos aplicados.

Parace evidente que esta máxima rentabilidad se obtendrá si los esfuerzos van dirigidos, preferentemente, a actuar sobre aquellas tecnologías que ofrecen la posibilidad de fabricar productos de máximo interés, con un coste comparativamente menor.

Si el principio de selección es obvio, en cambio el método para esa misma selección aparece enormemente complejo en cuanto se empieza a trabajar en él. Enseguida se comprende que las interrelaciones entre las diversas variables, que aparecen por doquier, imposibilitan la obtención de resultados válidos sobre la base de algoritmos sencillos o de selecciones más o menos intuitivas. Por el contrario, el número de datos de partida y la complejidad de las relaciones que se manifiestan entre ellos indican rápidamente la necesidad de aplicar cierto tipo de modelos matemáticos a la resolución del problema.

La utilización de modelos matemáticos, de cierta complejidad, para la toma de decisiones o el establecimiento de previsiones futuras en relación con fenómenos o actividades de raíz económica, sociológica, política, cultural, etc., ha sido sometida últimamente a fuertes críticas. Parece indudable que este "abandono" de los modelos (más pregonado que real, por otra parte) está en cierto modo justificado por los abusos que, en los últimos tiempos, se venía haciendo de ellos, utilizándolos como recurso para salvar cualquier situación de incertidumbre, y otorgándoles una fiabilidad y una significación que nunca habían tenido, y que quedaba desmentida en muchas ocasiones, incluso antes de la aplicación del modelo, por

la precaria fiabilidad de los mismos datos de entrada que los alimentaban.

Con este rechazo global, la comunidad científica y técnica ha hecho patente su reacción ante estos abusos, y aunque quizás en algunos momentos se haya caído en un cierto histerismo, en contra de los modelos matemáticos, en conjunto los criterios en este terreno han quedado mucho más centrados, tras las fuertes polémicas registradas, que ciertamente continúan todavía.

Ahora todo el que utiliza modelos matemáticos es consciente de que los resultados que proporcionan no son mejores por el hecho de haber sido calculados mediante ciertas reglas lógicas explícitas y repetitivas. El modelo sacrifica matices, datos colaterales, intuiciones y otros elementos de juicio del mayor interés, pero a cambio permite introducir y obtener juegos de datos y conjunto de resultados de gran extensión, que de otra manera sería imposible abordar. La conveniencia e incluso a veces la necesidad de la utilización de modelos deriva, por consiguiente, sobre todo de los propios términos en que está planteado el problema. El modelo deja de ser la mejor solución, la que proporciona resultados más certeros, para pasar a ser la más asequible de las soluciones válidas posibles. Reconociendo sus limitaciones los modelos matemáticos no se devalúan, sino que se afianzan como herramientas de cálculo para todo tipo de análisis.

4.2. **Diseño del modelo.**

Teniendo bien presente todas las cuestiones puestas de manifiesto en el apartado anterior, se ha procedido a elaborar un modelo matemático capaz de proporcionar, con los datos de partida disponibles respecto al mercado, criticidad y accesibilidad de los productos y tecnologías presentes en electrónica profesional, un cierto criterio para evaluar comparativamente el interés de invertir en I + D, en cada una de las áreas tecnológicas identificadas.

Para la definición del modelo se ha procedido de la forma siguiente:

Se ha buscado preferentemente encontrar una relación ordenada, tanto en Areas Tecnológicas como de Productos, en función de la rentabilidad nacional de su desarrollo. Para ello se ha tenido muy en cuenta los efectos de acciones colaterales inducidas.

La mayor dificultad estriba en escoger unos coeficientes que permitan cuantificar unos efectos generados por causas cuya acción en forma cualitativa es evidente. Respecto a los valores asignados a estos coeficientes se abre realmente un período de comprobación ya que solamente la contrastación con la realidad permite depurar el modelo.

El modelo matemático está compuesto por un conjunto de fórmulas que vamos a subdividir en dos grandes grupos:

- Grupo A. Aquellas que se refieren a la clasificación de Areas Tecnológicas.
- Grupo B. Aquellas que permiten la clasificación de productos.

El modelo se ha realizado de forma que, con gran facilidad, pueda realizarse un proceso iterativo, ya que por ejemplo, al eliminarse unos productos con una rentabilidad de producción baja vendrán modificadas todas las clasificaciones debido a los efectos colaterales que estos producían.

Grupo A.

— Fórmulas correspondientes a las Areas Tecnológicas:

En primer lugar estudiamos el impacto o trascendencia que para el sector industrial tiene el desarrollo de un Area Tecnológica determinada.

La trascendencia del desarrollo de un área tecnológica resultará como la suma de la importancia de su desarrollo en los distintos productos en los que interviene.

Si denominamos $(IAi)_j$ a la importancia del desarrollo del área tecnológica A_i para el sector a través del producto P_j y como IA_i a la importancia del desarrollo del área tecnológica A_i para el sector en general resultará que

$$IA_i = \sum_{j=i}^n (IAi)_j$$

Este $(IAi)_j$ dependerá directamente del mercado del producto P_j , $(IAi) = K_j \cdot Mp_j$.

Asimismo, será función directa y con una mayor dependencia aún que del mercado, del crecimiento del mercado previsto, ya que el desarrollo del A_i repercute principalmente hacia el futuro. Esa fuerte dependencia respecto al crecimiento del mercado la hemos introducido elevando al cuadrado el valor de este incremento. $(IA_i)_j = K_2 (\Delta p_j)^2$.

Existen finalmente dos factores que son: la dinamicidad tecnológica del producto y la importancia del área tecnológica para el producto considerado.

Respecto a la dinamicidad tecnológica se considera que la importancia del desarrollo de A_i tiene dependencia directa, ya que a mayor dinamicidad tecnológica, mayor necesidad de dominar las áreas tecnológicas de las que depende el desarrollo del producto, a fin de poder sacar nuevos productos tecnológicamente competitivos.

Por otra parte, parece evidente que será tanto mayor la importancia de $(A_i)_j$ cuanto mayor sea la importancia de la incidencia del dominio del área tecnológica para el producto en cuestión.

Hemos introducido estas dependencias mediante un coeficiente α_{ij} cuyo valor para cada $(IA_i)_j$ viene dado por la siguiente tabla:

D.T. \ Imp.	<>	0
A	1,5	4
M	1,2	3
B	1	2

Por otra parte, hemos querido introducir la diferencia entre aquellas áreas tecnológicas cuyo dominio significa prácticamente la solución del producto y aquellas otras que sólo resuelven una parte del producto. Para ello repartimos proporcionalmente el

producto, mercado por incremento del mercado elevado al cuadrado, respecto a las distintas α_{ij} correspondientes a las A_i que intervienen en el P_j .

Con todo lo cual la importancia sectorial del desarrollo A_i vendrá dada por:

$$I_{A_i} = \sum_{j=1}^n \frac{\alpha_{ij}}{\sum \alpha_{ij}} M_{pj} (\Delta M_{pj})^2$$

Estudiaremos ahora el coste del desarrollo de cada área tecnológica.

Por ello cuantifiquemos, en primer lugar, los valores cualitativos de dificultad que se han introducido para cada A_j .

Consideramos que un cero (0) implica que ha de realizarse todo el proceso de innovación completo, es decir, investigación básica (IB), aplicada (IA), de desarrollo (ID) y de industrialización (II).

El (1) uno indica que debe realizarse parte del esfuerzo de IB, del orden de un 25 %, y todos los restantes completos.

El (2) dos lo consideramos como el 50 % del esfuerzo de IA y todo el de ID e II.

El (3) tres todo el de ID e II.

El (4) cuatro solamente el de II.

Por otra parte, juzgamos que los esfuerzos necesarios para desarrollar las diferentes etapas a un plazo determinado están en las siguientes relaciones:

$$\frac{\text{Esfuerzo ID}}{\text{Esfuerzo II}} = 3 \frac{\text{Esfuerzo IA}}{\text{Esfuerzo ID}} = 4 \frac{\text{Esfuerzo IB}}{\text{Esfuerzo IA}} \approx$$

Esto da lugar a las siguientes correlaciones si llamamos 1 al esfuerzo en II.

		0	1	2	3	4
80	IB					
12	IA					
3	ID					
1	II					
		96	36	10	4	1

Obtenemos por tanto las siguientes relaciones. $\left\{ \begin{array}{l} 0 \rightarrow 96 \\ 1 \rightarrow 36 \\ 2 \rightarrow 10 \\ 3 \rightarrow 4 \\ 4 \rightarrow 1 \end{array} \right.$

a estos valores les llamaremos β_{ij} .

El coste del desarrollo tecnológico, para cada A_{ij} , no depende sólo del β_{ij} correspondiente, sino también del número de otros productos para los que esa misma área tecnológica sea precisa, bien sea en el mismo subsector o en otro, así como el nivel de dificultad para alcanzar cada uno de los desarrollos correspondientes.

Entendemos que si el área tecnológica A_i es necesaria en dos productos, con el mismo esfuerzo en ambos, el esfuerzo total no es el doble pues la tecnología adquirida en un desarrollo influye en el otro. Hemos cuantificado esa interdependencia de forma que el esfuerzo en el caso del ejemplo sea 1,8 E en vez de 2 E, en el caso de que se trate del mismo subsector.

Los distintos coeficientes escogidos, según las relaciones entre el índice de dificultad de A_{ij} y los restantes A_{ik} , vienen dados en la siguiente tabla:

Dificultad	N.º elementos A _{iK} con esa diferencia en el mismo Subsector		Subsector
A _{iK} -A _{ij}	Subsector		Subsector
- 4	1/75	n8	1/100 n8 †
- 3	1/60	n7	1/75 n7 †
- 2	1/45	n6	1/60 n6 †
- 1	1/30	n5	1/45 n5 †
0	1/9	n0	1/19 n0 †
+ 1	1/8	n1	1/18 n1 †
+ 2	1/7	n2	1/17 n2 †
+ 3	1/6	n3	1/16 n3 †
+ 4	1/5	n4	1/15 n4 †

El coste de A_{ij} se obtiene:

$$C_{ij} = \beta_{ij} \left(\frac{9}{10}\right)^{n_0-1} \left(\frac{8}{9}\right)^{n_1} \left(\frac{7}{8}\right)^{n_2} \left(\frac{6}{7}\right)^{n_3} \left(\frac{5}{6}\right)^{n_4} \left(\frac{29}{30}\right)^{n_5} \\ \left(\frac{44}{45}\right)^{n_6} \left(\frac{59}{60}\right)^{n_7} \left(\frac{74}{75}\right)^{n_9} \left(\frac{18}{19}\right)^{n_0^\dagger} \left(\frac{17}{18}\right)^{n_1^\dagger} \left(\frac{16}{17}\right)^{n_2^\dagger} \\ \left(\frac{15}{16}\right)^{n_3^\dagger} \left(\frac{14}{15}\right)^{n_4^\dagger} \left(\frac{44}{45}\right)^{n_5^\dagger} \left(\frac{59}{60}\right)^{n_6^\dagger} \left(\frac{74}{75}\right)^{n_7^\dagger} \left(\frac{99}{100}\right)^{n_8^\dagger}$$

El coste de la tecnología A_i sería:

$$CA_i = \sum_{j=i}^n C_{ij}$$

GRUPO B

— Fórmulas correspondientes a los productos:

Estudiaremos ahora la importancia nacional que tiene el desarrollo de innovación, en una familia de productos determinada.

Consideraremos dos facetas de esta importancia:

- Por una parte la debida a la necesidad nacional de los productos en si mismos y la llamaremos $I_{P_j}^D$ importancia directa de los productos P_j .
- Por otra parte la que se deriva del desarrollo de las áreas tecnológicas necesarias, para esa familia de productos y la influencia que este desarrollo tiene en aumentar las posibilidades de innovación en otros productos. La llamaremos $I_{P_j}^C$ importancia colateral de los productos P_j .

Importancia directa.

Dependerá fundamentalmente de las siguientes magnitudes:

- Mercado de los productos P_j . Dependencia directa.
- Crecimiento del mercado durante el período considerado. Dependencia directa y mayor influencia que el mercado. Se ha introducido, en una primera aproximación, como el cuadro del crecimiento, tal como se hizo en las áreas tecnológicas.
- Dinamicidad del producto: Consideramos que en este caso debe haber una dependencia inversa, ya que a mayor dinamicidad tecnológica, existe una mayor y más rápida obsolescencia de los productos. Como la dinamicidad tecnológica está recogida en la matriz de forma cualitativa, es preciso cuantificar o ponderar lo que hemos llamado alta, media o baja dinamicidad. Introducimos un factor SDT_{P_j} , cuyo valor viene dado por la siguiente tabla:

$$SDT_{P_j} \begin{cases} A - 1 \\ M - 2 \\ B - 4 \end{cases}$$

La importancia directa vendrá dada por:

$$I_{P_j}^D = M_{P_j} \cdot SDT_{P_j} (\Delta M_{P_j})^2$$

Importancia colateral.

Esta importancia viene fijada por la incidencia que el desarrollo de un área tecnológica determinada A_i , necesaria para la obtención de innovación en la familia de productos P_j , tiene sobre el desarrollo de innovación en la familia de productos P_k para la que también es necesaria dicha área tecnológica.

Recordemos que IA_{ik} , el impacto nacional del área tecnológica A_i mediante la innovación en la familia de productos P_k , viene dado por:

$$IA_{ik} = \frac{ik}{\sum_k ik} M_{pk} (\Delta M_{pk})^2$$

Por otra parte el desarrollo de A_i para P_j no resuelve en su totalidad la problemática del desarrollo necesario de A_i para P_k . Influirá en mayor o menor grado dependiendo de dos factores fundamentales:

- Por una parte que el nivel tecnológico necesario para el producto P_j sea mayor, igual o menor que el necesario para P_k . Cuanta mayor diferencia de nivel de dificultad exista entre los desarrollos necesarios de A_i para los productos P_j y P_k , siempre que sea más alto el necesario para P_j , mayor será la incidencia positiva en el desarrollo de los P_k .
- Por otra parte tanto mayor será esta incidencia positiva en el desarrollo del otro producto cuanto más parecidos sean ambos y esto por dos causas:
 - Por estar más relacionadas las tecnologías entre sí.
 - Por existir mayor intercambio de conocimientos entre los equipos humanos que desarrollan ambos productos, al pertenecer ambas familias de productos al mismo subsector industrial.

La cuantificación de estos efectos la lograremos introduciendo unos coeficientes $(m_i)_{jk}$, cuyo valor viene dado por la tabla siguiente:

Tabla de valores de $(m_i)_{jk}$

MISMO SUBSECTOR	GRADO DIFICULTAD A_{ij} - GRADO DIFICULTAD A_{ik}	DISTINTO SUBSECTOR
75	+ 4	100
60	+ 3	75
45	+ 2	60
30	+ 1	45
9	0	20
8	- 1	19
7	- 2	18
6	- 3	17
5	- 4	16

La importancia colateral para cada área tecnológica A_i que interviene en el producto P_j vendrá dada por:

$$\bar{Z} = \frac{1}{(m_i)_{jk}} |A_{ik}$$

y la importancia colateral se obtendrá por:

$$I_{pj}^c = \bar{Z}_i \bar{Z}_k \frac{1}{(m_i)_{jk}} |A_{ik}$$

Costes de desarrollo del producto P_j .

Al ser conocidos los costes del desarrollo de cada área tecnológica que interviene en el producto C_{ij} , el coste total se obtendría por suma de ellos:

$$C_{pj} = \sum_i C_{ij}$$

5.—EJEMPLO:

Se podría añadir como ejemplo, los parámetros de un estudio sobre productos de electrónica profesional del área de Defensa, como parte de un estudio general sobre electrónica profesional, realizado en los años 76-78.

Ni los productos ni las áreas tecnológicas entonces elegidos deben ser mantenidos lógicamente, ni los datos que aparecieron en la matriz tienen validez actual hoy.

En este ejemplo se puede valorar la importancia de la introducción en el modelo de diferentes criterios de selección.

En el primer caso, se han elegido los productos de acuerdo al siguiente criterio:

- Se seleccionan todos aquellos productos que, en la clasificación según importancia directa ocupan puesto dentro del primer 30 %.
- Asimismo, se seleccionan los que estando en dicha clasificación en el siguiente 20 %, están a la vez en el primer 30 % de alguna de las clasificaciones, según la importancia colateral o según el coste inverso.

En el segundo caso, se han elegido aquellos productos que en dos clasificaciones de los tres que se presentan (importancia directa, importancia colateral y coste inverso) se hallan al menos en la primera mitad de dos de ellos.

En los resultados que se presentan respecto a áreas tecnológicas influyen lógicamente todos los demás productos de electrónica profesional y no sólo los de defensa.

Listado de áreas tecnológicas.

- Electrónica analógica:
 - Amplificación.
 - Filtrado y recuperación de señales.
 - Modulación y demodulación.
 - Conversión.
 - Cálculo analógico.
 - Generación de funciones.

- Electrónica digital:
 - Electrónica de impulsos.
 - Sistemas de tratamiento aritmético de información digital.
 - Sistemas de tratamiento lógico de información digital.
 - Almacenamiento de información digital.
 - Métodos de protección de información digital.
 - Transmisión de información digital.
 - Técnica de microprocesadores.

- Tecnologías electrónicas de apoyo:
 - Transmisión de señales.
 - Visualización y registro.
 - Convertidores estáticos de energía eléctrica.

- Informática:
 - Soporte físico de Arquitectura de ordenadores y sistemas.
 - Soporte lógico.
 - * Software básico.
 - * Software de aplicación.

- Control automático:
 - Teoría del control.
 - Análisis y control de sistemas complejos.
 - Control mediante computador.
 - Ingeniería de control.
 - * Dispositivos de Tratamiento y Actuación.

- Tecnologías complementarias:
 - Tecnologías de fluidos.
 - Tecnologías electromecánicas.
 - Tecnologías mecánicas.
 - Tecnologías ópticas.
 - Tecnologías físico-químicas.
 - Tecnologías de industrialización.

Colección Cuadernos de Estrategia

