

ESTABLECIMIENTO DE LOS SISTEMAS Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN CRÍTICOS PARA LA COMPETITIVIDAD REGIONAL

UN PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO ITERATIVO(*)

JOSÉ LUIS SALMERÓN SILVERA

VÍCTOR AMADEO BAÑULS SILVERA

Universidad Pablo de Olavide.

La trascendencia que la tecnología (Harris y Shaw, 1981; Friar y Horwich, 1985; Henderson y Clarck, 1990), y más concretamente los Sistemas y Tecnologías de la Información (en adelante SI/TI) (Callon, 1996; Dewett y Gareth, 2001), ostenta en el ámbito de la estrategia es un hecho generalmente aceptado. En este sentido, el cambio tecnológico es un aspecto fundamental

de la gestión estratégica de la tecnología. Esta relevancia se ilustra en la literatura mostrando como las organizaciones pueden ver amenazada su posición competitiva al no anticiparse al dinamismo del entorno tecnológico (Henderson y Clarck, 1990; Christensen, 1997). Como consecuencia de ello, la integración de la tecnología con la estrategia corporativa debe ser un proceso dinámico, el cual requiere que las organizaciones atiendan al ciclo de vida de la tecnología empleada y las fuentes de ventaja competitiva que generan.

El objetivo del presente trabajo estriba en la propuesta de un modelo para la estimación del impacto futuro que las distintas categorías de SI/TI tendrán sobre la posición competitiva de las organizaciones de una región. La relevancia de este objetivo radica

en la demanda, por parte de autoridades públicas y empresas, de herramientas específicas de anticipación al cambio tecnológico en el establecimiento de su estrategia. Esta capacidad de anticipación al entorno tecnológico puede suponer una fuente de ventaja competitiva (Christensen, 1997).

Para alcanzar el objetivo expuesto se proponen una serie de indicadores para el establecimiento de políticas y planes estratégicos, construidos sobre una base de conocimiento científico para la determinación de los SI/TI con un mayor impacto sobre el desarrollo tecnológico. Dicha propuesta se ilustra mediante su aplicación a un proyecto de Prospectiva Tecnológica en la región de Andalucía. Dicha aplicación tiene como fin la validación empírica de la metodología desarrollada.

El resto del artículo se compone de las siguientes secciones. En la sección segunda se detalla la metodología empleada, haciendo especial énfasis sobre la organización del proceso prospectivo. En las secciones tercera y cuarta se aborda la aplicación de las técnicas, así como el análisis de datos. Finalmente se exponen las principales conclusiones extraídas del trabajo.

METODOLOGÍA ↓

En esta sección se analiza la propuesta metodológica utilizada para la determinación de las áreas y tecnologías críticas en el sector de los SI/TI. Se analizan específicamente una serie de aspectos fundamentales del diseño de investigación, como la estrategia de investigación y la definición de categorías de SI/TI, así como su aplicación concreta en el trabajo de campo. Dicho análisis se inicia con la elección de la estrategia de investigación.

Estrategia de Investigación ↓

Se ha elegido la consulta a expertos como estrategia de investigación, debido a que permite la inclusión de ajustes en eventos recientes cuyos efectos no han sido aun observados. Dentro del conjunto de técnicas basadas en juicios de expertos, el método Delphi se destaca como la técnica más adecuada para la sistematización de expectativas en el horizonte temporal (Grupp y Linstone, 1999). Por ello se ha optado por el método Delphi como medio de interacción con el panel de expertos.

El método Delphi, concebido en el seno de la corporación RAND (Santa Mónica, EE.UU.) en la década de los 50 y desarrollado en años sucesivos por distintos autores (Helmer y Resher, 1959; Dalkey, 1969; Linstone y Turoff, 1975), se basa en un programa detallado e individualizado de cuestionarios dirigidos a expertos.

Mediante el método Delphi los expertos pueden depurar su opinión sobre una determinada idea basándose en las opiniones del grupo y en la reflexión sobre sus propias elecciones anteriores (Landeta, 1999).

El anonimato es una característica esencial del método Delphi. Ningún participante conoce la identidad del resto de los expertos que participan en el proceso. Esta circunstancia impide la influencia de las opiniones subjetivas que unos expertos, considerados líderes de opinión, posean sobre otros. Asimismo, facilita la modificación de las propias respuestas de cada experto, dado que el resto no va a

conocer la variabilidad de su opinión. De igual forma, el anonimato implica que el experto entrevistado no ve dañada su imagen si sus argumentos resultan erróneos o muy alejados de la opinión general. Esta característica se pierde en otras técnicas de comunicación en grupo, como los encuentros de grupo, en los que posiblemente la falta de anonimato puede retraer a muchos de los integrantes del grupo a participar libremente en el debate.

Definición de las categorías de SI/TI ↓

En este apartado se analiza la identificación y categorización de las áreas clave en base a las cuales se ha realizado la consulta al panel Delphi. La selección de éstas se efectuó a través de una revisión de la literatura, visitas a empresas y centros tecnológicos, así como mediante consultas a expertos. Para refrendar la fiabilidad de los resultados, éstos han sido validados mediante la realización de un pretest. Con ello se aseguró la identificación y categorización inequívoca de las categorías y subcategorías de SI/TI, realizando así una triangulación para reforzar la validez de la misma (cuadro 1).

La nomenclatura utilizada para la definición de las categorías y subcategorías debe interpretarse en sentido amplio. Es decir, cada grupo de tecnologías se erige en representación de un conjunto de SI/TI, los cuales son definidos a continuación.

La primera categoría, denominada Comunicaciones, se define como aquellos SI/TI que facilitan el acceso e intercambio de recursos, tanto en el entorno interno como externo de la empresa. Esta a su vez la dividimos en dos subcategorías e-Business e Internet y Redes. La subcategoría e-Business aglutina los SI/TI que posibilitan transacciones económicas a nivel de negocio. Asimismo, Internet y Redes engloba tecnologías orientadas al intercambio y distribución de datos a nivel de aplicación.

La segunda categoría, Software de Gestión, incluye aquellos SI/TI que permiten el proceso de datos. Dicha categoría se divide en dos subcategorías, Sistemas de Información Gerenciales (MIS) (1) y Sistemas Integrados de Gestión (ERP) (2) y Otras Aplicaciones. Ambas subcategorías se diferencian en función del nivel jerárquico organizativo al cual dan soporte. La subcategoría denominada MIS apoya la toma de decisiones en los niveles táctico y estratégico de las organizaciones; la subcategoría denominada ERP y Otras Aplicaciones incluye los SI/TI relacionados con el nivel de operaciones.

La tercera categoría, Sistemas, aglutina aquellos SI/TI que dan soporte a las tecnologías anteriores. Esta

CUADRO 1
CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS

Categorías	Comunicaciones		Software de gestión		Sistemas
Subcategorías	e-Business	Internet y Redes	MIS	ERP y otras aplicaciones	Sistemas

FUENTE: Elaboración propia.

categoría se compone de una subcategoría única homónima.

Trabajo de campo

La elección de los expertos se realizó mediante bases de datos públicas, siendo los criterios de selección la condición de experto de reconocido prestigio en el campo de los SI/TI y el desempeño de su actividad en territorio andaluz. En dicho panel de expertos, se recogieron las respuestas de directivos de empresas, altos cargos públicos y personal investigador de reconocido prestigio.

El método de interacción con los paneles de expertos ha sido la conferencia Delphi, cuya característica esencial se encuentra en la conexión telemática de los participantes (Turoff, 1972). En la presente investigación la toma de datos se ha realizado mediante un cuestionario Web. Dicho cuestionario fue enviado mediante correo electrónico a ciento cuarenta expertos, obteniendo veintisiete respuestas en primera ronda.

En la segunda ronda se diseñó un cuestionario individualizado para cada experto que proporcionó la respuesta agregada del grupo, así como las suyas propias de la primera ronda con la finalidad de mejorar la retroalimentación. Los expertos que finalmente respondieron en segunda ronda fueron una veintena. El número de respuestas de expertos resulta adecuado. Existen evidencias empíricas y argumentos teóricos (Armstrong, 2001) que avalan esta afirmación. Éstos sugieren que el número óptimo de expertos se encuentra entre cinco y veinte.

ANÁLISIS DEL IMPACTO TECNOLÓGICO

En este apartado se analiza el impacto tecnológico estimado de las distintas categorías y subcategorías de SI/TI sobre la competitividad del tejido empresarial andaluz en el horizonte temporal del 2010. Dicho impacto tecnológico se analiza en dos niveles. En el primero se determina el peso que cada categoría y subcategoría de SI/TI tendrá sobre la competitividad del tejido empresarial andaluz. En el segundo nivel

se prospectan los SI/TI críticas para el desarrollo tecnológico andaluz dentro de cada categoría y subcategoría.

Cálculo de los pesos

Para la determinación de los pesos de cada categoría y subcategoría de SI/TI en la competitividad del tejido empresarial andaluz se utiliza la técnica denominada Proceso Analítico Jerárquico (AHP) (3). El método AHP, sugerido por Saaty (1977; 1980), es uno de los métodos multicriterio más utilizado para la jerarquización de las preferencias de un decisor o grupo de decisores. La utilización conjunta de dicha técnica con el método Delphi, permite la jerarquización de las opiniones de un panel de expertos respecto al impacto tecnológico de una serie de categorías y subcategorías. Todo ello en un proceso controlado de retroalimentación.

Se les plantearon a los expertos una serie de comparaciones pareadas entre las distintas categorías y subcategorías del estudio para obtener el peso que cada categoría ostentará sobre la competitividad del tejido empresarial andaluz en el horizonte temporal. La cuantificación de los juicios acerca de las preferencias está ligada a un valor entero α_{ij} .

El valor α_{ij} representa la importancia de la categoría i frente a la categoría j . Es decir, si w_i representa el peso asignado a la categoría i y w_j el asignado a la categoría j , entonces, α_{ij} representa el cociente entre el peso de la categoría i y el peso absoluto de la categoría j .

$$\alpha_{ij} = w_i / w_j \quad (i, j = 1, \dots, n) \quad [1]$$

En base a las comparaciones pareadas se define la matriz decisional A .

$$A = (\alpha_{i,j}), (i, j = 1, \dots, n) \quad A = \begin{pmatrix} 1 & \dots & \alpha_{1j} \\ \dots & 1 & \dots \\ \dots & \dots & 1 \\ \alpha_{ij} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad [2]$$

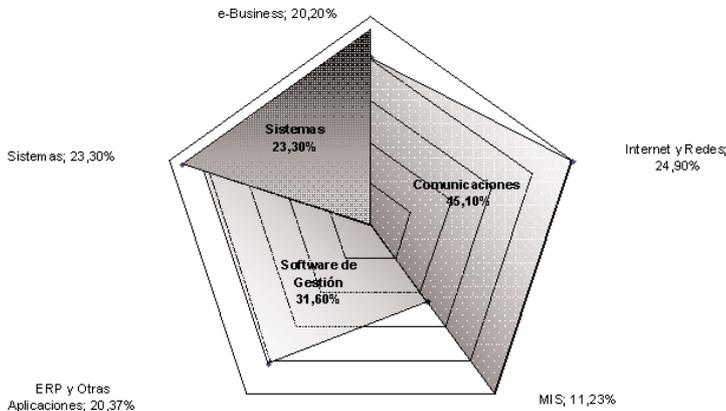
En A, los valores numéricos obtenidos de la realización de las comparaciones pareadas forman el triángulo superior de la matriz. La diagonal principal está formada por la unidad, mientras que la triangular inferior de la matriz consiste en los elementos inversos de los elementos de la parte triangular superior de la matriz. Por lo que, en caso de consistencia, la matriz A se puede expresar en función de los pesos de las categorías.

$$A = \left(\frac{w_i}{w_j} \right) \cdot (i, j = 1, 2, \dots, n-1, n) A =$$

$$A = \begin{pmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_{n-1}} & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_{n-1}} & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \dots & \dots \\ \frac{w_{n-1}}{w_1} & \frac{w_{n-1}}{w_2} & \dots & \frac{w_{n-1}}{w_{n-1}} & \frac{w_{n-1}}{w_n} \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_{n-1}} & \frac{w_n}{w_n} \end{pmatrix} \quad [3]$$

No obstante, los decisores en general pueden cometer inconsistencias en las respuestas. Dada la estructura jerárquica del árbol y la forma en que se han realizado las comparaciones pareadas y el número de éstas, la inconsistencia únicamente puede ser debida a intransitividad en los datos numéricos de las respuestas. Es decir, las inconsistencias pueden ser debidas a que, en alguna de las comparaciones pareadas ofrecidas por el decisor, no se verifica la siguiente expresión:

$$a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik} \quad (i, j, k = 1, \dots, n) \quad [4]$$



CUADRO 2
PESOS DE CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS

	Pesos	Desviación Típica
Comunicaciones	45,10%	0,183
e-Business	20,20%	0,142
Internet y redes	24,90%	0,170
Software de Gestión	31,60%	0,164
MIS	11,23%	0,084
ERP y Otras Aplicaciones	20,37%	0,115
Sistemas	23,30%	0,205

FUENTE: Elaboración propia.

Para verificar la consistencia de los juicios se utilizó el software Expert Choice 2000®. El resultado de la agregación de los pesos consistentes en segunda ronda, junto con una medida de la desviación típica de los mismos, se recoge en el cuadro 2.

Estos pesos proporcionan una medida del impacto tecnológico de cada una de las categorías y subcategorías. Dichos pesos se pueden representar de manera gráfica mediante el mapa de impacto tecnológico (figura 1). Téngase en cuenta que los pesos de las categorías suman 100% y que los de las subcategorías conforman el total de su categoría.

Del análisis del mapa de impacto tecnológico se induce que, en opinión del panel de expertos Delphi, la categoría con mayor impacto en el desarrollo tecnológico será Comunicaciones, concretamente las tecnologías relacionadas con Internet y Redes.

Un vez estimado el peso de cada categoría y subcategoría en la competitividad del tejido empresarial andaluz se profundiza en el análisis del impacto tecnológico de los SI/TI mediante el análisis de las tecnologías críticas.

FIGURA 1
MAPA DE IMPACTO TECNOLÓGICO. MODELO GRÁFICO ORIGINAL

FUENTE: Elaboración propia.

CUADRO 3
TECNOLOGÍAS CRÍTICAS EN LA CATEGORÍA DE COMUNICACIONES

Subcategoría	Tecnología	Ronda 1	Ronda 2
e-Business	Aplicaciones B2B	81%	85%
	Aplicaciones B2C	37%	45%
	Estándares de transmisión de datos	26%	40%
Internet y Redes	Teletrabajo	59%	70%
	Herramientas de comunicación	44%	60%
	Extranets	44%	45%

FUENTE: Elaboración propia.

CUADRO 4
TECNOLOGÍAS CRÍTICAS EN LA CATEGORÍA DE SOFTWARE DE GESTIÓN

Subcategoría	Tecnología	Ronda 1	Ronda 2
MIS	Sistemas de Información Globales	56%	85%
	Datawarehouse – Datamarts	63%	70%
	Sistemas de Información Geográficos	48%	60%
ERP y otras aplicaciones	Colaboración entre módulos ERP	67%	80%
	Tecnología de base de datos	59%	55%
	Soluciones sectoriales ERP	41%	50%

FUENTE: Elaboración propia.

CUADRO 5
TECNOLOGÍAS CRÍTICAS EN LA CATEGORÍA DE SISTEMAS

Subcategoría	Tecnología	Ronda 1	Ronda 2
Sistemas	Soluciones ASP	48%	65%
	Evolución de los sistemas operativos	44%	55%
	Almacenamiento de datos	44%	40%

FUENTE: Elaboración propia.

Tecnologías críticas ↓

La selección de los tecnologías críticas en cada categoría y subcategoría de SI/TI se ha realizado en base a una batería inicial de tecnologías candidatas. Dicha batería inicial ha sido fruto de una revisión de la literatura de SI/TI (Barqui *et al.*, 1993; ACM, 1998; Bidgoli, 2001), de la actividad internacional de Prospectiva Tecnológica en SI/TI (Salmerón y Bañuls, 2005), así como de la aplicación de técnicas creativas como la tormenta de ideas y la discusión en grupo.

Cada experto eligió en cada subcategoría los tres SI/TI que consideraba con mayor influencia sobre el desarrollo tecnológico andaluz. En el cuestionario de la segunda ronda se indicó la respuesta agregada del grupo, así como la emitida por el propio experto en la primera ronda. Dicha agregación se realizó indicando, junto a cada tecnología candidata, el

porcentaje de expertos que habían considerado dicha tecnología como crítica. En los cuadros 3, 4 y 5 se recogen los tres SI/TI que en términos relativos obtuvieron un mayor nivel de consenso. Este nivel de consenso se encuentra expresado en términos porcentuales. Cada porcentaje representa el número de expertos que seleccionaron una tecnología frente al número total de expertos. Como se observa en dichos resultados, el método Delphi de dos rondas ha favorecido la convergencia en las respuestas de los expertos. Dicha convergencia se produce, en las cinco subcategorías de SI/TI, en torno a las tres tecnologías que mayor porcentaje de respuestas obtienen en la primera ronda.

En la elección de SI/TI, en la categoría Comunicaciones, observamos que destacan sobre el resto aquellas que propician la comunicación con entornos extra-regionales (cuadro 3). Dentro de la subcategoría e-Business, la elección se centra en tecnolo-

CUADRO 6
RESULTADOS DEL ESTUDIO

Categoría / Peso	Subcategoría / Peso	SI/TI críticos
Comunicaciones / 45,10%	e-Business / 20,20%	Aplicaciones B2B Aplicaciones B2C Estándares de transmisión de datos Teletrabajo Herramientas de comunicación Extranets
	Internet y Redes / 24,90%	Sistemas de Información Global Sistemas de Información Geográficos Datawarehouse / Datamarts Colaboración entre módulos ERP Tecnología de base de datos Soluciones sectoriales ERP
Software de Gestión / 31,60%	MIS / 11,23%	Soluciones ASP
	ERP y otras aplicaciones / 20,37%	Evolución de los sistemas operativos Almacenamiento de datos
Sistemas / 23,30%	Sistemas / 23,30%	

FUENTE: Elaboración propia..

gías que impulsan el negocio electrónico entre empresas (B2B) (4), así como entre empresas y particulares (B2C) (5), seguidas de tecnologías estándares de transmisión de datos. En el grupo Internet y Redes se obtiene que el teletrabajo, las herramientas de comunicación a través de red y las extranets son tecnologías críticas para impulsar el desarrollo tecnológico andaluz.

En la categoría Software de Gestión, los expertos han estimado que existe una tendencia hacia la integración de aplicaciones orientada a la consecución de un Sistema de Información único en la organización. Dentro de la categoría MIS han sido señalados como críticos los Sistemas de Información Globales y Geográficos junto con tecnologías datawarehouse y datamarts. En la categoría ERP y Otras Aplicaciones, se destacan como críticas la colaboración entre módulos ERP, las soluciones sectoriales de los mismos, así como las tecnologías de base de datos (cuadro 4).

En la categoría Sistemas, los expertos opinan que la adopción de soluciones de Proveedores de Servicio de Aplicaciones (ASP) (6), la evolución de los sistemas operativos, así como las tecnologías de almacenamiento de datos ostentarán un mayor impacto que el resto de las alternativas consideradas (cuadro 5).

CONCLUSIONES

Las políticas científicas y tecnológicas han girado alrededor de una paradoja. Aunque la ciencia y la tecnología son recursos clave para el futuro bienestar de vida, las estrategias tecnológicas no pueden basarse en un conocimiento de dichos futu-

ros. En este trabajo se propone un proceso analítico jerárquico iterativo para la prospección de dichos desarrollos, proporcionando a decisores públicos y de las organizaciones indicadores para la racionalización de sus políticas e inversiones.

El proceso analítico jerárquico iterativo se basa en una metodología que combina métodos cualitativos (Delphi) y cuantitativos (AHP), los cuales aportan una visión complementaria del desarrollo tecnológico de la región de estudio.

Este proceso analítico iterativo se ha aplicado a la determinación de los SI/TI críticos para la competitividad regional andaluza en el horizonte temporal 2010 (cuadro 6).

Una primera conclusión reside en que los SI/TI relacionados con las Comunicaciones son las que influirán en mayor medida sobre el desarrollo tecnológico de Andalucía, con un 45,10% de peso, seguido del Software de Gestión con un 31,60% y de Sistemas con un 23,30%. Respecto a las subcategorías, sus pesos alcanzan valores entre el 20% y el 25%, excepto MIS que tiene un peso del 11,23%.

Respecto a la elección de los SI/TI críticos en cada subcategoría, se observa que en Comunicaciones se destacan las tecnologías que impulsan en mayor medida la comunicación con entornos extra-regionales. En la categoría Software de Gestión, los expertos han estimado el impacto de la subcategorías ERP y otras aplicaciones por encima del que generarán los SI/TI integrantes del MIS. En la categoría Sistemas, los expertos opinan que la adopción de soluciones ASP y la evolución de los sistemas operativos son los SI/TI que ostenta un mayor impacto.

Uno de los principales retos de futuras propuestas reside en la incorporación de mecanismos para evaluar políticas concretas, tanto a nivel organizativo como regional, que mejoren el proceso de toma de decisiones del mañana mediante la reflexión de sus posibles consecuencias.

(*) Estudio financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia como parte del proyecto SEJ2006-1474 cuyo investigador principal es el Dr. José Luis Salmerón Silvera.

NOTAS ↓

- [1] Acrónimo anglosajón de Management Information Systems.
- [2] Acrónimo anglosajón de Enterprise Resource Planning.
- [3] Acrónimo anglosajón de Analytic Hierarchy Process.
- [4] Acrónimo anglosajón Business to Business.
- [5] Acrónimo anglosajón de Business to Consumer.
- [6] Acrónimo anglosajón de Application Service Provider.

BIBLIOGRAFÍA ↓

- ACM. (1998) *ACM Computing Classification System*. ACM. Disponible en <http://www.acm.org/class/1998> en marzo de 2008.
- ARMSTRONG, J.S. (2001). *Principles of handbook for researchers and Practitioners*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- ARMSTRONG, J.S. Ed. (2001). *Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- BARKI, H., RIVARD, S., y TALBOT, J. (1993) A keyword classification scheme for IS research literature: An Update. *MIS Quarterly*, 17(2), 209-226.
- BIDGOLI, H. (Ed.). (2002). *Encyclopaedia of Information Systems*, Oxford: Elsevier Science.
- CALLON, J.D. (1996). *Competitive advantage through information technology*. Nueva York: McGraw-Hill.

CHRISTENSEN, M. (1997). *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*, Boston: Harvard Business School Press.

DEWETT, T. y GARETH, R.J. (2001). The Role of Information Technology in the Organization: a Review, Model, and Assessment. *Journal of Management*, 27 (3), pp. 313-346.

DALKEY, N.C. (1969). *The Delphi Method: An Experimental Study of Group Opinion*. Santa Mónica: The Rand Corporation.

FRIAR, J. y HORWITCH, M. (1985). The Emergence of Technology Strategy: A New Dimension of Strategic Management. *Technology in Society*, 7, 143-78.

GRUPP, H. y LINSTONE, H.A. (1999). National Technology Foresight Activities around the Globe: Resurrection and New Paradigms. *Technological Forecasting and Social Change*, 60, 85-94.

HARRIS, J y SHAW, W. (1981). *The Strategic Management of Technology*. Nueva York: Booz Allen Hamilton.

HELMER, O. y RESCHER, N. (1959). On the Epistemology of the Inexact Sciences, *Management Science*, 6(1), 5-52.

HENDERSON, R y CLACK, K. (1990). Architectural Innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 9-30.

LANDETA, J. (1999). *El método Delphi. Una técnica de previsión para la incertidumbre*, 1ª Edición. Barcelona: Ariel Practicum.

LINSTONE, H.A. TUROFF, M. Eds. (1975). *The Delphi Method: Technology and Application*, 1ª Ed, Reading: Addison-Wesley.

PORTER, M. (1983). The Technological Dimension of Competitive Strategy. *Research in Technological Innovation, Management and Policy*, 1, 1-33.

SAATY, T.L. (1977). A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234-281.

SAATY, T.L. (1980). *The Analytic, Hierarchy Process*, Nueva York: McGraw Hill.

SALMERÓN, J.L. y BAÑULS, V.A. (2005). Detecting IS/IT Future Trends: An Analysis of Technology Foresight Processes Around the World. *Lecture Series on Computer and Computational Sciences*, 2, 120-123.

TUROFF, M. (1972). Delphi Conferencing: Computer-Based Conferencing with Anonymity. *Technological Forecasting and Social Change*, 3, 159-204.

