

Sistema de inteligencia tecnológica como sustento para el proceso de planeación estratégica en un centro de investigación y desarrollo tecnológico

EUGENIO LÓPEZ ORTEGA*

TAMARA ALCÁNTARA CONCEPCIÓN*¹

Resumen.

El trabajo se refiere al diseño de un proceso de planeación estratégica que se realiza en el Instituto de Ingeniería de la UNAM aplicado a un tema de investigación tecnológica relevante: tratamiento de aguas residuales (TAR).

La planeación estratégica contempla la construcción de un Mapa de Desarrollo Tecnológico (MDT) en el tema TAR. Previamente, se está implantando un Sistema de Inteligencia Tecnológica (SIT) que ofrecerá datos fundamentales para lograr una visión prospectiva del tema y así construir el MDT. Se discute el concepto de MDT y su utilidad para expresar la planeación estratégica del desarrollo tecnológico. Posteriormente se comenta el concepto de Inteligencia Tecnológica y su relación con la construcción del MDT.

Se presentan los primeros resultados de la implantación de una metodología propuesta para implantar un SIT en una organización dedicada a la investigación y desarrollo. Finalmente se reseñan las principales conclusiones relacionadas con la planeación estratégica tecnológica.

Palabras clave: Planeación estratégica, Mapas de Desarrollo Tecnológico, Inteligencia Tecnológica, Tratamiento de aguas residuales.

Abstract

The paper presents the design of a strategic planning process at the Engineering Institute of UNAM related to a technology relevant topic: wastewater treatment (WWT).

The strategic planning process involves the construction of a Technology Roadmap (TR). In order to develop institutional competences in technology prospective, currently the Institute is implementing a Technology Intelligence System (TIS). The TR concept is discussed as well as its effectiveness to express the strategic planning of technology development. Also, the technology intelligence concept and its relation with a TR are commented.

First results of TIS implementation in a R&D center are presented. Finally, several conclusions related to strategic planning of technology topics are proposed.

Keywords: Strategic planning, Technology roadmap, Technology intelligence, Wastewater treatment.

* Coordinación de Ingeniería de Sistemas. Instituto de Ingeniería – UNAM

1. Introducción.

El trabajo plantea la realización de un proceso de planeación estratégica en un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CIDT) sustentado en la técnica llamada Mapas de Desarrollo Tecnológico (o Technology Roadmap como se conoce en inglés). Una característica de este proceso de planeación estratégica consiste en que su realización se divide por cada tema tecnológico de interés para la institución. Es decir, el proceso de planeación estratégica se desarrolla para cada uno de los temas tecnológicos en los que se encuentra involucrada la organización.

En un proceso de planeación se requieren establecer los objetivos y metas estratégicas que la organización desea alcanzar. En el caso de un CIDT, los objetivos y metas estratégicas están relacionados con los temas tecnológicos en los que participa o desea participar.

Los Mapas de Desarrollo Tecnológico (MDT) permiten expresar gráficamente los objetivos y metas tecnológicas así como también las *rut*as que se deben seguir con base en la situación en que se encuentra una organización específica.

Un aspecto fundamental en la construcción de este tipo de mapas corresponde a la definición de las tecnologías que resulta conveniente fortalecer o impulsar o inclusive abandonar. Por ello, el concepto de prospectiva tecnológica se ha mantenido vigente en los últimos 25 años con una atención creciente por parte de las organizaciones en las que la tecnología resulta un aspecto fundamental para su competitividad.

Los ejercicios de prospectiva más frecuentes son aquellos en los que participan diversos expertos en el tema tecnológico en estudio. Sin embargo, para lograr los mejores resultados se requiere que los participantes no solamente cuenten con experiencia en el tema sino también que se logre un ambiente propicio de discusión acerca de las tendencias tecnológicas dominantes.

De esta manera, la propuesta inicial de sustentar un proceso de planeación estratégica en la construcción de MDT conlleva la necesidad de contar con un grupo de expertos en los temas tecnológicos de interés. En este punto se ubica el núcleo del presente trabajo; es decir, se propone desarrollar un Sistema de Inteligencia Tecnológica que genere un ambiente institucional propicio para que un grupo de expertos analice y genere conocimientos relacionados con las tendencias tecnológicas del tema de interés.

El trabajo presenta una breve reseña de los conceptos de Mapa de Desarrollo Tecnológico y de Inteligencia Tecnológica y su desarrollo en los últimos años. Posteriormente se presenta la propuesta metodológica para desarrollar un Sistema de Inteligencia Tecnológica en un CIDT. Se relata brevemente su aplicación en el Instituto de Ingeniería de la UNAM y, en particular, en el tema de tratamiento de aguas residuales.

En una siguiente sección se presentan algunos resultados alcanzados después de 15 meses de iniciada la implantación del sistema. Finalmente se presentan las principales conclusiones referentes a la experiencia recabada.

2. Mapas de desarrollo tecnológico.

Los llamados Mapas de Desarrollo Tecnológico corresponden a una técnica desarrollada a finales de la década de los 80 y que en los últimos años ha registrado un importante crecimiento en sus aplicaciones. Su principal objetivo corresponde a vincular los resultados de un proceso de prospectiva tecnológica con la planeación estratégica de una organización.

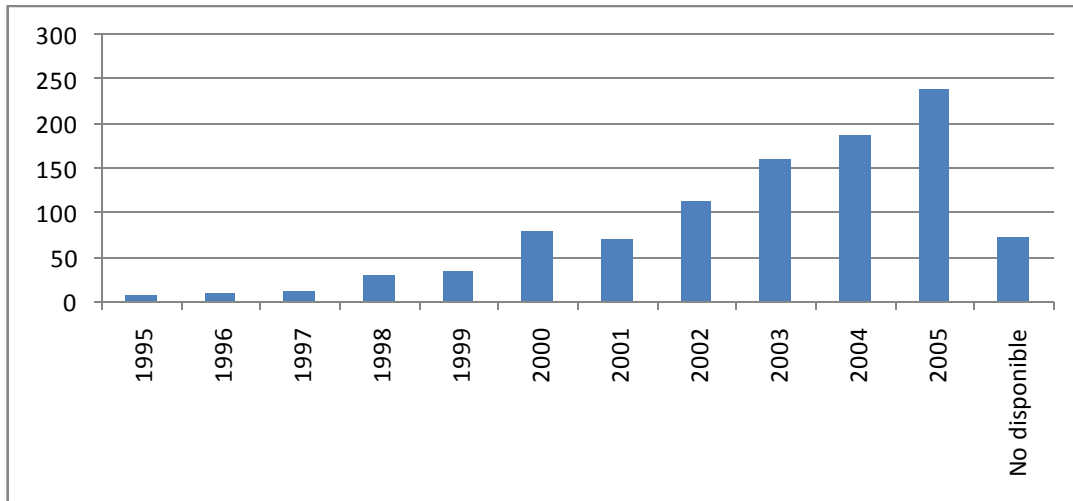
La empresa Motorola inició la utilización de esta técnica para relacionar sus objetivos estratégicos con las competencias tecnológicas requeridas para alcanzarlos. Por esta razón, el concepto de MDT fue entendido como una técnica que permite guiar y alinear los proyectos de Investigación y Desarrollo Tecnológico (IyDT) con los objetivos estratégicos que definen metas de mediano y largo plazos (Willyard, 1997).

El liderazgo tecnológico alcanzado por Motorola llamó la atención hacia la técnica de MDT. A partir de mediados de la década de los 90 un creciente número de organizaciones han utilizado esta técnica para fortalecer sus procesos de planeación estratégica desde el punto de vista tecnológico. La figura 1 presenta una muestra de la evolución del número de documentos que reportan la construcción de MDT en diversas publicaciones de circulación internacional.

Algunos documentos también analizan el concepto de MDT y presentan diversas tipificaciones. Por ejemplo, Phaal (Phaal, 2004) propone tres tipos de MDT:

- i. Los orientados al desarrollo de productos; por ejemplo, el primer MDT desarrollado por Motorola estaba dirigido al desarrollo tecnológico de un radio receptor para automóviles (Willyard, 1997).
- ii. Los dirigidos al desarrollo de tecnologías de procesos; por ejemplo, las nanotecnologías para resolver los problemas asociados a la producción de microprocesadores (SIA, 2002).
- iii. Los MDT para la identificación de las tecnologías requeridas para lograr un gran objetivo, no asociado a un producto o un proceso específicos; por ejemplo, las tecnologías requeridas para la realización de viajes interestelares (Anderson, 2002).

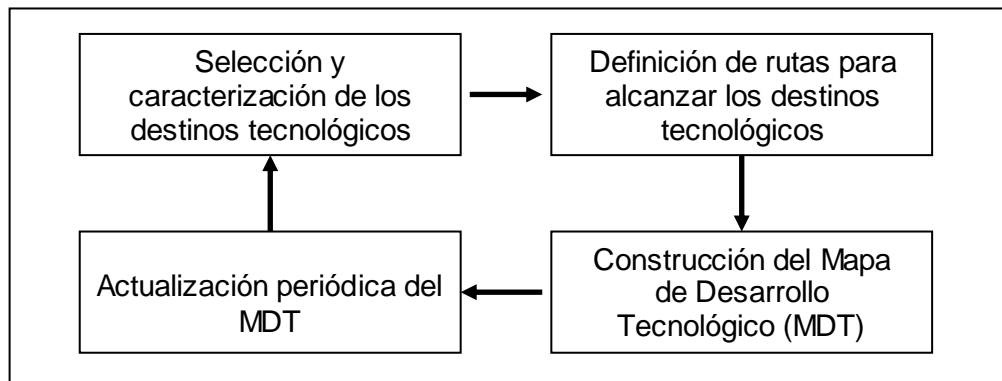
Figura 1. Número de MDT reportados en publicaciones por año (1995-2005)



Fuente: Tomado y adaptado de Phaal, R. (2008).

Los diferentes tipos de MDT permiten caracterizar mejor a los destinos tecnológicos que pretende alcanzar una organización. De acuerdo a Clarke, (Clarke, 1999), la selección y caracterización de tales destinos corresponde a la primera fase en la construcción de un MDT (ver figura 2).

Figura 2. Fases en la construcción de un MDT



Fuente: Adaptado de Clarke, et al, 1999

La selección de los destinos establece los objetivos que la organización desea alcanzar en términos de productos, de tecnologías de procesos o de tecnologías asociadas a un campo de aplicación (Groenvland, 1997). Estos destinos tecnológicos deben responder a los objetivos estratégicos de la organización promotora del MDT (empresa, centro de investigación, asociación, institución gubernamental, etc).

Cuando se trata de un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico, la selección de los destinos tecnológicos determinará el mercado al que dirigirá su oferta. Por ello, es de especial relevancia identificar adecuadamente las áreas tecnológicas que deben ser fortalecidas y/o

desarrolladas. Esta identificación requiere de un adecuado conocimiento acerca de las condiciones actuales y tendencias tecnológicas que existen en dichas áreas tecnológicas.

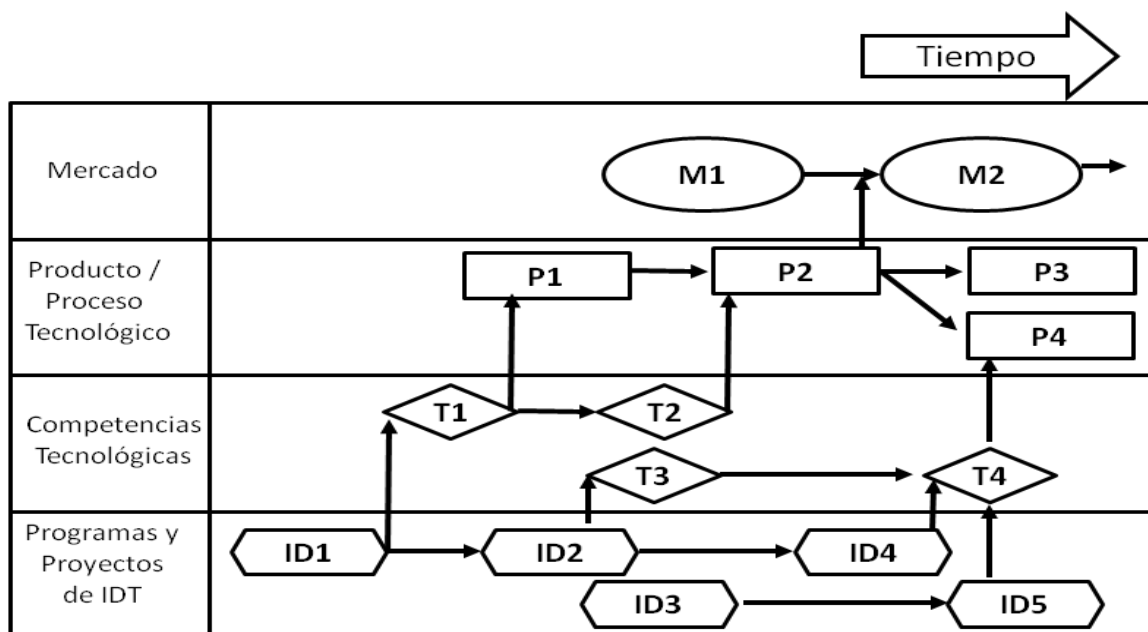
Es relevante que en el proceso de selección y caracterización de los destinos tecnológicos participen los investigadores del propio CIDT. Esta práctica no es común en México debido, entre otros aspectos, a la carencia de habilidades prospectivas de los investigadores (López et al, 2003). En efecto, el perfil de un experto para la construcción de un MDT no solamente se relaciona con los conocimientos técnicos del tema sino también con sus habilidades para generar conocimientos de tipo prospectivo.

Las fases en la construcción de un MDT corresponden a un proceso de planeación estratégica. La selección y caracterización de los destinos tecnológicos (primera fase de un MDT) corresponde a la definición del estado deseado en un proceso de planeación estratégica. Asimismo, la definición de rutas para alcanzar los destinos tecnológicos (segunda fase de un MDT) corresponde a la etapa de la planeación estratégica asociada a la identificación de estrategias.

La aportación de un MDT al proceso de planeación estratégica consiste en ofrecer una representación gráfica de la ruta o estrategias que se deben ejecutar para alcanzar los destinos tecnológicos seleccionados. Estos destinos corresponden a las competencias tecnológicas que deben ser desarrolladas y/o fortalecidas para lograr el estado deseado. A través de esta representación gráfica, el MDT hace comprensible a todos los involucrados, el camino que se debe transitar para el logro de las metas establecidas y que expresan al futuro deseado. En este sentido, se puede decir que un MDT es la representación gráfica de un proceso de planeación estratégica en el ámbito de la tecnología.

Existen diversas propuestas para representar gráficamente a los MDT; la figura 3 muestra una de ellas. Se observa que los proyectos y/o programas de IDT permiten desarrollar o consolidar a las competencias tecnológicas de una organización. A su vez, estas competencias sustentan el desarrollo de productos, procesos o servicios tecnológicos que responden a los objetivos estratégicos de la organización. En el caso de un CIDT, los productos, procesos o servicios tecnológicos deben alinearse con los requerimientos de su mercado.

Figura 3. Representación gráfica simplificada de un MDT.



Fuente: Anónimo. Co-Operative Technology Roadmapping. 2003.

Los programas o proyectos de IDT que sustentan al MDT pueden ser de dos tipos: dirigidos a la construcción de competencias tecnológicas o relacionados con la generación de conocimientos específicos.

Los primeros se caracterizan por la construcción de infraestructura experimental específica, o la contratación de personal altamente capacitado en un área tecnológica débil en la organización, etc.

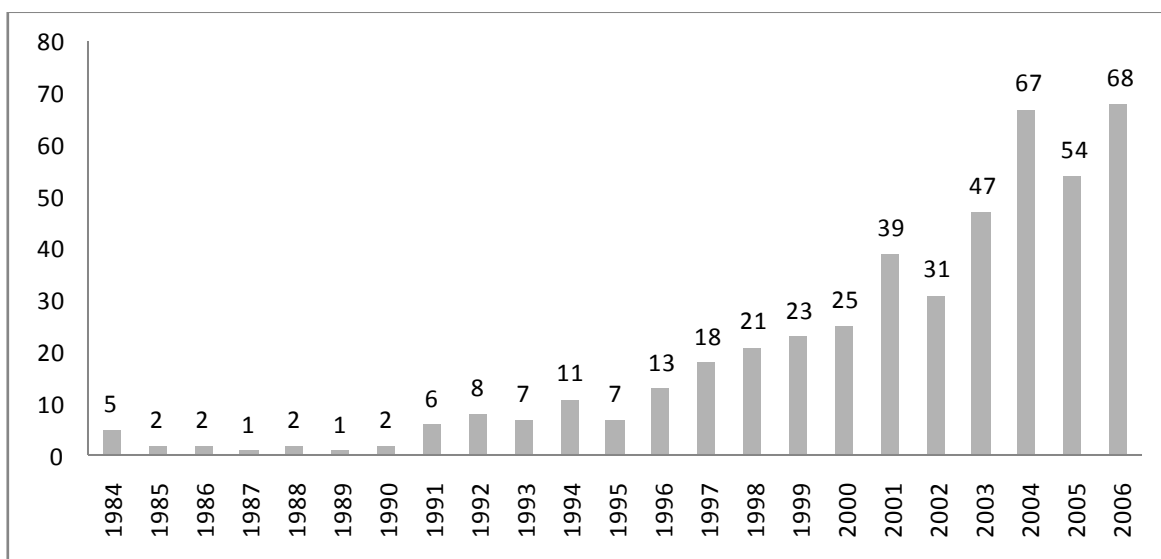
El segundo tipo de proyectos de IDT representan el quehacer diario de un CIDT. Corresponde a proyectos o programas que tienen resultados concretos relacionados con las metas tecnológicas expresadas en el producto o proceso tecnológicos. Este tipo de proyectos también contribuyen a la construcción de competencias tecnológicas en el sentido que generan conocimientos y experiencias institucionales. Por lo tanto, la selección de la cartera de proyectos de IDT a realizar en el CIDT deberá estar alineada con la construcción de las competencias tecnológicas establecidas en el MDT.

3. Sistema de Inteligencia Tecnológica (SIT).

En 1996, Kahaner definió Inteligencia Competitiva (IC) como un programa sistemático para recolectar y analizar información acerca de las actividades de los competidores y las tendencias de los negocios en general para poder alcanzar los objetivos propios (Kahaner, 1996). Desde la perspectiva del SCIP (Society of Competitive Intelligence Professionals), la IC es un programa sistemático y ético para recolectar, analizar y administrar información que puede afectar los planes, decisiones y operaciones de la compañía (SCIP, 2004).

En las últimas dos décadas ha crecido el interés en los conceptos de IC y han pasado del estudio de un grupo reducido a una práctica disciplinaria de reconocimiento internacional. Así, se han creado organizaciones como la llamada *Sociedad de Profesionales de la Inteligencia Competitiva* (SCIP, por sus siglas en inglés) con representación en aproximadamente 50 países y se han incorporado cursos a programas de estudio a nivel maestría en lugares como Estados Unidos, Canadá y Suecia (SCIP, 2010). La figura 4 ejemplifica el crecimiento del tema de inteligencia tecnológica a partir de una recopilación de trabajos publicados en los últimos años.

Figura 4. Artículos publicados sobre Inteligencia Tecnológica, 1984 – 2006.



Fuente: Elaboración propia.

Se puede decir que existen dos tipos de IC, en función al tipo de información y conocimiento que se maneja en cada caso (López, E, 2001):

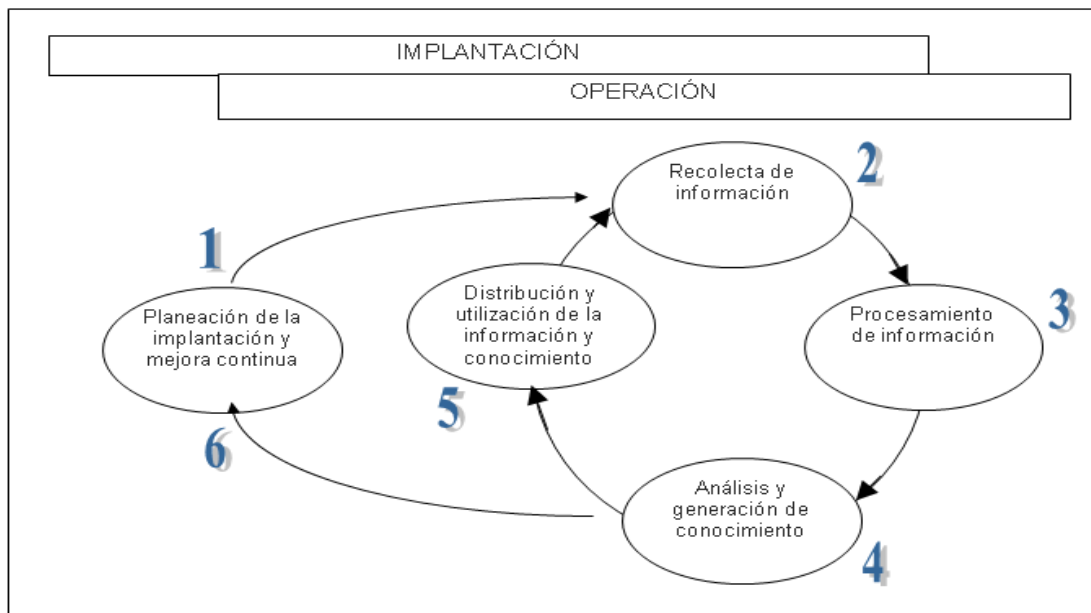
- *Inteligencia de Mercado*. Permite anticipar cambios del comportamiento del consumidor y el conocimiento de los esfuerzos de los competidores en los mercados. También se conoce como inteligencia económica.
- *Inteligencia Tecnológica (IT)*. Muestra los cambios tecnológicos más probables en productos y procesos de producción, incluyendo distribución y proveedores.

La IT tiene como propósito aportar datos, información y conocimientos que sean útiles como sustento de un proceso de prospectiva tecnológica y, con sus resultados, decidir el rumbo estratégico de una organización en cuanto a temas tecnológicos.

Un Sistema de Inteligencia Tecnológica (SIT) se define como un proceso de aprendizaje institucional y sistemático que inicia con la recolecta de información de temas tecnológicos. Esta información es racionalmente procesada hasta convertirla en conocimiento que sustenta decisiones estratégicas.

El proceso de Inteligencia Competitiva se ejecuta a través de un ciclo, compuesto por varias etapas. El número de etapas consideradas varían según el criterio del autor o la organización que lo propone. La figura 5 muestra el ciclo de Inteligencia Tecnológica compuesto por seis etapas:

Figura 5. Ciclo de Inteligencia Tecnológica



Fuente: Adaptado de Ciclos de Inteligencia Competitiva propuesto por SCIP.

Etapas 1 y 6. Planeación y mejora continua. En estas etapas se decide el curso que tomarán las tareas en torno a la inteligencia requerida; asimismo será el punto de evaluación y retroalimentación para la mejora del propio sistema.

Durante la primera fase se implanta una estructura, dentro de la organización, que dará sustento al SIT. En esta estructura sobresale la conformación de dos grupos de trabajo que realizarán tareas específicas. Uno de los grupos relevantes corresponde al Grupo de Expertos (GE) relacionado con el tema tecnológico a analizar. Los integrantes de este grupo recibirán, de manera sistemática, información procesada la cual deberán analizar, tanto individual como colectivamente. El otro grupo que se integra en esta etapa corresponde al Grupo Administrador del SIT (GA) el cual se encarga de coordinar todas las actividades relacionadas con la implantación y operación del Sistema.

Etapas 2. Recolecta de información. Consiste en el acopio de la información que servirá como base para la generación de conocimiento de tipo prospectivo. La información a acopiar corresponde a artículos, patentes, periódicos, reportes anuales, libros, experiencias, discursos, etc, relacionados con el tema a analizar. La mayor parte de esta información se encuentra en bases de datos tanto de acceso público como restringido.

En esta etapa se definen todas y cada una de las fuentes de información y se priorizan por su importancia en el tema. También se define la periodicidad para dar seguimiento a las fuentes identificadas, se retroalimenta al SIT y se mantiene comunicación y discusión constante con el GE.

Etapa 3. Procesamiento de la información. La información recolectada es ordenada, clasificada y almacenada de tal forma que se generen informes que permitan y faciliten el análisis de dicha información. Se recopilan datos, información e incluso conocimientos generados en otras entidades o en la propia y se producen conocimientos para la toma de decisiones a largo plazo.

Etapa 4. Análisis y generación de conocimiento. Corresponde a la etapa más compleja y requiere de habilidades y conocimientos para filtrar, sintetizar, integrar información, realizar análisis; todo esto con el fin de visualizar tendencias y patrones y construir modelos explicativos y escenarios del tema tecnológico en estudio. Se utilizan técnicas como el análisis bibliométrico, la minería de textos y la discusión en consultas a los expertos.

Etapa 5. Distribución de información y conocimiento. En el proceso de difusión se deberán realizar presentaciones e informes de los resultados de la operación del sistema, de sus potencialidades y limitaciones al grupo responsable de la toma de decisiones.

Algunas de las características más importantes de un Sistemas de Inteligencia Tecnológica incluyen su capacidad para propiciar la generación de conocimientos sobre temas tecnológicos de interés, que constituye un proceso continuo en el tiempo, además de promover la participación del personal de investigación.

La metodología desarrollada en el IIUNAM para la implantación de un SIT se sustenta en la estructura comúnmente utilizada en los sistemas de gestión de calidad. A continuación se reseña brevemente la implantación de dicho Sistema.

4. Implantación de un Sistema de Inteligencia Tecnológica en el IIUNAM.

El Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM) ha decidido implantar un proceso permanente de planeación estratégica basado en la construcción y revisión periódica de MDT en los temas de mayor interés para la institución. Para ello y de manera previa, se ha iniciado la implantación de un SIT relativo al tema de Tratamiento de Aguas Residuales (TAR). Se seleccionó este tema para iniciar la implantación de la metodología propuesta debido a las siguientes razones:

- El IIUNAM cuenta con importantes competencias en el tema.
- El tema de TAR es relevante para el país dado que en la actualidad solamente recibe tratamiento, en promedio, el 40% de las aguas residuales que se generan en toda la República.
- Asimismo, el tema ha tenido un gran auge en el mundo debido a la necesidad de utilizar de manera eficiente las fuentes de este importante recurso natural.

A mediados del 2009 se inició la aplicación de la metodología con base en la documentación desarrollada en una primera versión. Dicha documentación detalla la implantación y operación de un SIT así como la elaboración de un MDT. La primera versión de la documentación ha servido de guía para la implantación de la metodología y, a su vez, se ha venido ajustando con base en la experiencia obtenida.

El inicio del proceso de planeación estratégica a partir de la implantación de un SIT presenta las siguientes ventajas:

- La máxima autoridad de la organización se compromete a emprender un proceso de inteligencia tecnológica el cual será de gran relevancia para la planeación estratégica.
- Se integra un grupo de expertos que colabora estrechamente en la revisión de información de tipo estratégico.
- Los expertos que participan van adquiriendo, a través del análisis individual y colectivo de la información que reciben, un enfoque prospectivo del tema y subtemas tecnológicos analizados.
- El éxito en la aplicación del SIT representa una experiencia relevante para lograr la implantación de un proceso sistemático de planeación estratégica.

Se han desarrollado los procesos que establece la metodología para la implantación de un SIT. Se instaló el Comité de Inteligencia Tecnológica (COMIT) integrado por los directivos del IIUNAM. Una de las principales funciones de este Comité consiste en promover la implantación del SIT en el IIUNAM.

También se integró el Grupo de Expertos (GE) relacionados con el tratamiento de aguas residuales. Para la integración del grupo de expertos se establecieron dos etapas: la primera referente a la integración de expertos internos (investigadores del propio IIUNAM); la segunda contempla la incorporación de expertos provenientes de otras instituciones. Esto último, además de reforzar el grupo de expertos, servirá para promover la colaboración interinstitucional en el tema.

En la primera etapa de integración del GE se conformó un grupo de 15 investigadores del IIUNAM, expertos en el tema de TAR. Para su integración se realizaron diversas actividades de inducción dirigidas a involucrar y comprometer a los expertos en el proceso de análisis individual y colectivo de la información que se les proporcionaría.

La integración del grupo de expertos en el tema de análisis es un elemento fundamental dentro de la metodología propuesta. El grupo de expertos representa la base para generar conocimientos de tipo prospectivo los cuales sustenten la construcción exitosa de un MDT.

Los procesos que se han realizado en la implantación del SIT son los siguientes:

- Integración de los grupos: Grupo de Expertos (GE), Grupo Administrador (GA) y Comité de Inteligencia Tecnológica (COMIT).

- Definición de las fuentes de información.
- Generación de información para análisis individuales.
- Estructuración del tema TAR.
- Análisis colectivos de la información.

La integración de grupos se realizó a partir de la segunda mitad de 2009. Se integraron el GE, el GA y el COMIT. El GE inicialmente se ha integrado por académicos del IIUNAM. Posteriormente se podrá ampliar con expertos externos a la institución.

Una vez integrados los grupos, se definieron las principales fuentes en donde se encontraría información relevante relativa al tema. Se identificaron cuatro revistas (*journals*) en las que inició la captura de información en un sistema de cómputo desarrollado para sustentar la operación del SIT. Este sistema de cómputo titulado Sistema de Cómputo para Inteligencia Tecnológica (SCIT) se desarrolló en la plataforma SQL-Server y se instaló en un servidor del Instituto. A su aplicación al tema de tratamiento de aguas residuales se le asignó el nombre de SCIT-TAR.

La información inicialmente capturada correspondió a los datos de los documentos relacionados con el tema TAR en las cuatro revistas identificadas por el GE y en los números publicados desde el año 2007 a los primeros dos meses del presente año. Los datos capturados son los siguientes:

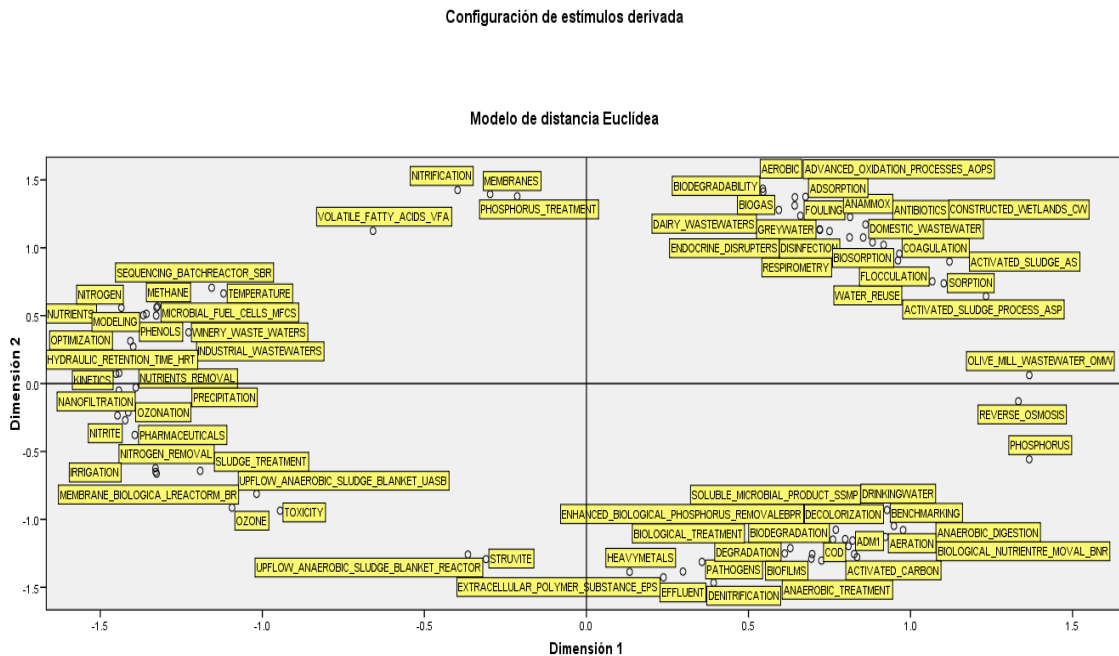
- Título del documento (artículo).
- Nombre del autor principal.
- Nombres de los coautores (hasta cuatro coautores).
- Instituciones a las que pertenecen los autores y coautores.
- Nombre de la revista.
- Volumen y número.
- Año de publicación.
- Palabras-clave (hasta 6 palabras-clave).

De cada documento también se capturaron las referencias. Esta captura se realizó considerando solamente a las referencias publicadas a partir del 2005.

En un primer análisis de la información capturada se confirmó la importancia de las cuatro revistas señaladas por el GE pero también se identificaron otras fuentes relevantes para el tema. Esta información fue presentada, de manera individual, a los miembros del GE y se tomó la decisión de incorporar a las fuentes de información ocho nuevas revistas. De esta manera la captura de información se extendió, en una primera etapa, a 12 fuentes de información.

Las palabras-clave sirvieron para proponer una primera estructura del tema. Para ello, se realizó un análisis estadístico (de escalamiento multidimensional) con el objeto de identificar la asociación de las principales palabras-clave. La figura 6 presenta los resultados gráficos de dicho análisis.

Figura 6. Resultado gráfico del análisis de escalamiento dimensional de las palabras-clave



Fuente: Elaboración propia.

Con base en los resultados del análisis realizado por el GE de la relación de co-ocurrencia de las palabras-clave, se estableció una estructuración del tema TAR. Como se señaló, esta estructuración tiene como objetivo identificar los subtemas tecnológicos relevantes para el desarrollo de l tema de aplicación referente al tratamiento de aguas residuales. Se acordó establecer una matriz que integra los diferentes productos a procesar así como las diversas tecnologías existentes. La figura 7 presenta los 30 subtemas en que se dividió el campo de aplicación referente a ingeniería sísmica. Cada subtema corresponde a una celda de la matriz.

La identificación de los subtemas en que se descompone el tema TAR es un aspecto relevante dado que permitirá establecer, con mayor precisión, las competencias disponibles en el IIUNAM y las metas a alcanzar en cada uno de dichos subtemas. Asimismo, podrán ser más específicos los análisis prospectivos que realizará el GE sustentados en la información relativa a las fuentes de información definidas.

Figura 7. Estructura para el estudio del tema relativo a Tratamiento de Aguas Residuales.

		P R O C E S O S				
		Biológico (Aerobio y Anaerobio)	Fisicoquímico	Membranas	Mixtos	Humedales
CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO A PROCESAR	Materiales Recalcitrantes					
	Patógenos					
	Aguas Industriales					
	Aguas Municipales/ Domésticas					
	Lodos					
	Otros					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1. Número de documentos capturados en el SCIT-TAR según año de publicación.

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Total
No. de Documentos	2,521	2,656	2,591	2,163	1,287	274	11,492

Fuente: Tomado del SCIT-TAR (4 de octubre 2010)

Si se analiza el país de origen de los autores principales² de los documentos contenidos en el SCIT-TAR, México se encuentra dentro de los primeros 20 países. La tabla 2 muestra los 20 primeros países en importancia.

Tabla 2. Relevancia de los países según origen de los autores principales.

No.	País	Autores principales
1	China	217
2	United States of America	186
3	Spain	132

² Como autor principal se consideró al señalado en el documento como *corresponding author*. En el caso de que el documento no especificara este dato, se consideró como el primer autor señalado en la lista de autores.

4	Germany	107
5	Italy	99
6	India	97
7	Canadá	91
8	Republic of Korea	75
9	Japan	72
10	France	68
11	Turkey	63
12	Taiwan	60
13	Australia	60
14	Brazil	51
15	Greece	51
16	United Kingdom	50
17	México	45
18	Portugal	38
19	Netherlands	37
20	Belgium	33

Fuente: Tomado del SCIT-TAR (4 de octubre 2010)

Por otra parte, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) aparece dentro de las principales instituciones en el tema TAR, de acuerdo al número de documentos publicados por los autores principales. Esta información se puede observar en la tabla 3.

El resultado de la tabla 3 ayudó a incrementar el interés de los participantes en el GE dado que evidenciaron la relevancia institucional en el tema TAR. Otra información relevante que se desprende del SCIT-TAR corresponde a las palabras-clave asociadas al tema de TAR. Se ha identificado un número muy elevado de palabras-clave (un poco más de 5,100) con una alta concentración en las 450 palabras-clave más frecuentes. Las primeras 25 palabras-clave se presentan en la tabla 4.

Tabla 3. Relevancia de las instituciones según origen de los autores principales.

No.	Institución	País	No. de documentos
1	Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and	Switzerland	22

	Technology		
2	Indian Institute of Technology	India	22
3	Tongji University	China	21
4	The University of Queensland	Australia	20
5	National University of Singapore	Singapore	19
6	University of Barcelona	Spain	19
7	Ghent University	Belgium	16
8	National Autonomous University of Mexico (UNAM)	Mexico	15
9	Rwth Aachen University	Germany	15
10	University of California	United States of America	14
11	Chinese Academy of Sciences	China	13
12	Dalian University of Technology	China	13
13	Harbin Institute of Technology	China	13
14	Cranfield University	United Kingdom	11
15	Technical University of Denmark	Denmark	11
16	Tsinghua University	China	11
17	University of British Columbia	Canada	11
18	Wageningen University	Netherlands	11
19	Federal University of Minas Gerais	Brazil	10
20	Hokkaido University	Japan	10

Fuente: Tomado del SCIT-TAR (4 de octubre 2010)

Las palabras-clave más frecuentes han servido para establecer un vínculo con los subtemas en los que se divide el tema TAR. Para establecer este vínculo, el GE ubicó a cada una de las palabras-clave más frecuentes en cada celda de la matriz que muestra la figura 7. De esta manera, dentro del SCIT-TAR se puede ligar la información contenida con el subtema al que pertenece de acuerdo a las palabras-clave que contiene cada documento.

Tabla 4. Palabras-clave más relevantes en los documentos capturados.

No.	Palabra clave	No. documentos en que aparece
-----	---------------	-------------------------------

1	Wastewater Treatment	203
2	Wastewater	190
3	Activated Sludge	112
4	Anaerobic Digestion	73
5	Membrane Bioreactor	71
6	Nitrification	71
7	Denitrification	61
8	Adsorption	60
9	Ozone	50
10	Biodegradation	49
11	Biofilm	44
12	Constructed Wetland	39
13	Ozonation	39
14	Nitrogen Removal	37
15	Modelling	33
16	Constructed Wetlands	32
17	MBR	30
18	Municipal Wastewater	30
19	Coagulation	29
20	COD	29
21	Membrane Fouling	29
22	Reverse Osmosis	28
23	Disinfection	27
24	Phosphorus	27
25	Nanofiltration	26

Fuente: Tomado del SCIT-TAR (4 de octubre 2010)

De esta manera, cada experto puede solicitar los reportes o consultas que ofrece el SCIT-TAR de manera general para todo el tema TAR o, en particular, para cada subtema de interés. Lo anterior permite identificar con mayor precisión los autores con mayor impacto en cada subtema, los subtemas más abordados por cada institución, las fortalezas o deficiencias que presenta el IIUNAM según el subtema analizado, entre otros aspectos.

6. Conclusiones.

Las principales conclusiones son las siguientes:

- El trabajo parte de la propuesta de establecer un proceso sistemático de planeación estratégica de un CIDT sustentado en la construcción de MDT en los temas de interés institucional. Cada MDT será actualizado periódicamente.
- Para la construcción de MDT se considera necesario desarrollar previamente competencias prospectivas para la generación de conocimientos relacionados con las tendencias tecnológicas prevalecientes en los temas de interés.
- La primera parte de la metodología, y que es el objeto del presente trabajo, se refiere a la organización de grupos de expertos en donde participan principalmente los investigadores del CIDT.
- La organización de grupos de expertos se obtiene a través de la aplicación de un Sistema de Inteligencia Tecnológica. A través de la implantación de dicho sistema en un CIDT se organizan grupos de expertos y se motivan sus habilidades prospectivas.
- El desarrollo de habilidades prospectivas se logra a través de la discusión ordenada al interior de cada grupo de expertos.
- El SIT proporciona datos relacionados con cada tema de interés los cuales facilitan la realización de análisis objetivos y, en consecuencia, de conocimientos prospectivos bien sustentados.
- Los primeros resultados de la aplicación de la metodología en el IIUNAM y en el tema de tratamiento de aguas residuales, ha permitido ajustar algunas actividades previstas inicialmente para la implantación de un SIT.
- La implantación exitosa requiere del compromiso de la dirección del CIDT. Para ello, la metodología considera la creación del Comité de Inteligencia Tecnológica que tiene la función de supervisar la implantación del SIT
 - o Este Comité reproduce la metodología de implantación de un sistema de gestión de calidad en una organización en donde el principal promotor y supervisor de su desarrollo y operación corresponde al llamado Comité de calidad.
- El Comité de Inteligencia Tecnológica también será el órgano encargado de supervisar el desarrollo del proceso de planeación estratégica basado en la construcción de MDT
 - o Este proceso se sustentará en la organización de grupos de expertos realizada a través de la implantación del SIT.
- Las experiencias de aplicación exitosa de MDT reportadas en la literatura generalmente se refieren a organizaciones empresariales

- La experiencia lograda en el IIUNAM con respecto a la implantación del SIT en el tema de tratamiento de aguas residuales, hacen prever que también es posible la construcción de MDT que permitan sustentar la planeación estratégica en un CIDT.
- El MDT que se construya en tratamiento de aguas residuales solamente tendrá una aplicación práctica en el contexto del IIUNAM
 - Esto es claro debido a que un MDT establece el origen (estado actual) y el destino (estado deseado) de la organización que lo desarrolla
 - Sin embargo, los conocimientos de tipo prospectivo sobre los que se desarrollará, tendrían un valor extra-institucional.

Referencias

- Ackoff, R. (1981). *Creating the corporate future: plan or be planned*. New York, Ed. Wiley.
- Anderson, J. Roadmap to a star (1999). *Acta Astronautica*, 44(2-4), Elsevier.
- Anonymous. (2003). *Co-operative technology roadmapping*, Tesis disponible en: <http://www.strategie-vsbn.nl/pdf/1.pdf>. TU Delft.
- Ansoff, I. (1965). *Corporate strategy; an analytic approach to business policy for growth and expansion*. New York. Ed. McGraw-Hill.
- Bryson, J. (1995). *Strategic Planning for Public and Nonprofit Organisation*. San Francisco CA; Ed. Wiley.
- Garcia, M., Bray O. (1997). Fundamentals of technology roadmapping, Strategic Business Development Department, Albuquerque NM. *Sandia National Laboratories*; disponible en: <http://www.sandia.gov/PHMCOE/pdf/Sandia%27sFundamentalsofTech.pdf>.
- Clarke, J., Placet, M. (1999). Emerging Technology Road Maps: The Battelle Approach, , *Paper presented at the Technology Roadmap Workshop*, Washington DC, Office of Naval Research, pp 14, October.
- Comisión Europea. (2002). *Thinking, debating and shaping the future: Foresight for Europe*. Informe final del Grupo de expertos de alto nivel. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. Luxemburgo.
- EIRMA. (1999). Technology Monitoring for Business Success, *European Industrial Research Management Association*, WG55, Paris.
- Georghiou L. (2001). Third Generation Foresight. Integrating the Socio-economic Dimension. NISTEP Study Material
- Godet M. (2000). La caja de herramientas de la prospectiva estratégica. Cuaderno 5, publicado por GERPA con la colaboración de Electricité de France, Mission Prospective

- Groenveld P. (1997). Roadmapping integrates business and technology, *Research Technology Management*, 40(5), 48-55.
- Kahaner L. (1996). *Competitive Intelligence. How to Gather, Analyze and Use Information to move your Business to the top*, New York, NY; Ed. Touchstone Simon and Schuster.
- Kappel, A. T. (2991). Perspectives on roadmaps: how organisations talk about the future, *Journal of Product Innovation Management*, 18 (1), 39-50.
- López, E., Briceño, S., Alcántara, T., Bautista T. (2003). Prácticas en planeación estratégica de Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CIDyT) en México. *Innovación y Competitividad*. ADIAT. 3(10), 13-19.
- López, E., Alcántara, T., Briceño, S. (2004). Technology Intelligence System Implementation: The Mexican Institute of Engineering Experience. *Proceedings 13th International Conference on Management of Technology, IAMOT*, Washington, D.C. April 3-7.
- Martín J. (1996). *Prospectiva tecnológica: una introducción a su metodología y a su aplicación en distintos países*. Madrid: COTEC,
- Phaal R., Farrukh C. J. Mills J.F. Probert D.R. (2004). Technology Roadmapping. A planning framework for evolution and revolution, *Technological Forecasting and Social Change*, 71(1-2), 5-26.
- Phaal, R. (2008). Public domain Roadmaps, Technology and other (mostly sector level) published roadmaps. *Institute for Manufacturing, University of Cambridge*. Cambridge, UK. Julio.
- Prescott J. (1999). The Evolution of Competitive Intelligence Designing a Process for Action. *APMP Professional Journal*. Association of Proposal Management Professionals.
- SIA (Semiconductor Industry Association). (2002). International Technology Roadmap for Semiconductors; disponible en: http://www.sia-online.org/pre_stat.cfm?ID=153.
- Willyard, C., McClees C. (1997). Motorola's technology roadmap process, *Research Management*, vol. 30 (5), 13-19.
- Van Der Heijden, K (2005). *Scenarios, the art of strategic conversation*. Second edition, John Wiley & Sons.