



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
PLANEACIÓN

PROSPECTIVA TECNOLÓGICA PARA CENTROS DE INVESTIGACIÓN Y
DESARROLLO EN MÉXICO

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
DOCTORA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS

PRESENTA:
NADIA CASTILLO CAMARENA

TUTOR PRINCIPAL
Dr. Eugenio Mario López y Ortega
Instituto de Ingeniería

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR
Dr. Felipe de Jesús Lara Rosano
Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología

Dr. Benito Sánchez Lara
Facultad de Ingeniería

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., JUNIO DE 2021

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Felipe de Jesús Lara Rosano

Secretario: Dr. Benito Sánchez Lara

Vocal: Dr. Eugenio Mario López y Ortega

1^{er.} Suplente: Dr. Mariano Antonio García Martínez

2^{do.} Suplente: Dra. Rita Victoria de León Ardón

Lugar donde se realizó la tesis:

FACULTAD DE INGENIERÍA, UNAM.

TUTOR DE TESIS:

Dr. Eugenio Mario López y Ortega

A la memoria de mi padre
Agustín Castillo Magallón

A mi madre
Margarita Camarena Padilla

Para
Luis, Sofi y Luci

Este trabajo y su desarrollo fue presentado en:

XVIII Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica ALTEC 2019

Gestión Tecnológica y ODS: Panorama, Oportunidades y Retos
Medellín, Colombia, del 30 de octubre al 1 de noviembre de 2019.

Trabajo: López-Ortega, E; Castillo-Camarena, N; Valdés-Rodríguez, M & Solís-González, R. *Planeación en centros de investigación y desarrollo tecnológico (ClyDT)*.

XIII Congreso Nacional de la RIDIT

Innovación, emprendimientos y sustentabilidad en las regiones de México y América Latina.

Mérida, Yucatán, México, del 26 al 28 de septiembre de 2018.

Trabajo: López Ortega, E; Cano Catillo, E & Castillo Camarena, N. *Análisis bibliométrico como sustento para la planeación de ClyDT*.

27th International Conference on Management and Technology IAMOT 2018

Toward sustainable Technologies and Innovation. (Presentadora)

Birmingham, Inglaterra, Reino Unido, del 22 al 26 de abril de 2018.

Trabajo: Castillo-Camarena, N; López-Ortega, E & García-Cano, E. *Technology foresight at a university research center in Mexico: design and first results*.

XVII Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica ALTEC 2017

Gestión de la Innovación para la Competitividad: Sectores estratégicos, tecnologías emergentes y emprendimientos. Ciudad de México, 16 al 18 de octubre de 2017.

Trabajo: López-Ortega, E & Castillo-Camarena, N. *Ejercicio de prospectiva tecnológica en centros de investigación y desarrollo (ClyDT)*.

Congreso de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad

La Competitividad y Nuevos Escenarios.

Puerto Vallarta, Jalisco del 9 al 11 de noviembre de 2016.

Trabajo: López-Ortega, E; Castillo-Camarena, N; García-Cano, E. *Diseño de un proceso de prospectiva tecnológica en organizaciones dedicadas a la investigación y desarrollo*.

Primera Semana de Ciencias de la Complejidad

Centro de Ciencias de la Complejidad, UNAM. Ciudad de México del 17 al 20 de noviembre de 2015.

Cartel: *Prospectiva Tecnológica para centros de investigación y desarrollo en México*.

Doctoral Symposium on Planning

Ponencia: *Prospective Planning in R&D Centers*

Facultad de Ingeniería, UNAM. Ciudad de México el 25 de mayo de 2015.

Esta investigación fue realizada con apoyo de beca CONACYT.

CONTENIDO

1	Introducción	7
1.1	Estrategia de investigación	9
1.2	Construcción y aplicación del método.....	11
1.3	Objetivo de la investigación	12
1.3.1	Objetivos específicos.....	12
1.4	Supuestos de la investigación	13
1.5	Alcance de la investigación.....	13
1.6	Aporte de la investigación.....	13
1.7	Distribución del trabajo	13
2	Los estudios sobre el futuro	15
2.1	El enfoque prospectivo	15
2.1.1	El desarrollo de los estudios del futuro o prospectiva	15
2.1.2	¿Qué es la prospectiva?.....	20
2.1.3	Técnicas y ejercicios de prospectiva.....	25
2.1.4	Los retos actuales de los estudios prospectivos	36
2.1.5	La problemática del campo de estudio.....	36
2.2	La Prospectiva Tecnológica.....	40
2.2.1	El desarrollo en los últimos años	40
2.3	La investigación y desarrollo en México.....	43
2.4	Tipos de Investigación y Desarrollo	47
2.4.1	Centros de Investigación y Desarrollo	48
2.5	Planeación en los Centros de Investigación y Desarrollo en México.....	53
2.6	Conclusiones	54
3	Marco conceptual y Metodológico.....	55
3.1	La prospectiva como un proceso sistémico	56
3.2	La prospectiva en las organizaciones	60
3.2.1	El conocimiento y las organizaciones	61
3.2.2	El conocimiento como el producto de una organización	62
3.3	La prospectiva como parte de un proceso de planeación	65
3.4	Conclusiones	69
4	Marcos para la construcción del método.....	70
4.1	Prospectiva tecnológica y planeación	70
4.2	Marcos de prospectiva institucional	73

4.3	La recolección de la información.....	81
4.4	El método propuesto.....	84
4.4.1	Fase de Pre-prospectiva	87
4.4.2	Fase de Prospectiva	89
4.4.3	Fase de Post-prospectiva	92
4.5	Conclusiones	92
5	Aplicación del método propuesto	93
5.1	Etapas pre-prospectiva tecnológica.....	94
5.1.1	Realizar acuerdo con la Dirección del ClyDT	95
5.1.2	Identificar y definir los temas interés	95
5.2	Etapas prospectiva tecnológica - Tema general.....	97
5.2.1	Primera fase. Integración de grupo	98
5.2.2	Segunda fase. Realizar análisis bibliométrico	99
5.2.3	Tercera fase. Identificar áreas del conocimiento relevantes.....	103
5.2.4	Cuarta fase	107
5.3	Etapas prospectiva tecnológica - Líneas específicas de investigación	109
5.3.1	Primera fase	109
5.3.2	Segunda fase.....	111
5.3.2	Tercera fase.....	112
6	Conclusiones y trabajos futuros	113
7	Anexos	120
7.1	Palabras clave que conforman los grupos	120
	Palabras clave que conforman el grupo <i>Technology Forecast</i>	120
	Palabras clave que conforman el grupo <i>Technology Foresight</i>	120
7.2	Taller sobre Análisis y Evaluación de Temas de Investigación	121
7.3	Definiciones de las áreas identificadas en el esquema RNIC	123
7.4	Áreas de conocimiento en las que se ubica el trabajo de los participantes en el GE-RNIC.....	125
7.5	Palabras-clave que integran el grupo SHM.....	126
8	Referencias	128

Resumen

Se presenta la propuesta de un método de un proceso de Prospectiva Tecnológica (PT) en un centro de investigación y desarrollo tecnológico (ClyDT) a partir de un análisis bibliométrico. La prospectiva tecnológica ha demostrado su importancia en las organizaciones como un instrumento para la planeación estratégica. El método presentado se desarrolla desde la visión de sistemas y la inteligencia tecnológica. Con la teoría de sistemas, se busca identificar a los *stakeholders* involucrados en la planeación estratégica de un ClyDT y sus relaciones. Por otro lado, la bibliometría permitió identificar, entre otros aspectos, las principales técnicas utilizadas en buena parte de los ejercicios documentados de PT. Además de las técnicas de consulta a expertos para promover el análisis colectivo y la generación de conocimientos, y la de escenarios para presentar los resultados de los ejercicios, se observa la inserción de ejercicios de *technology mining*. Al mismo tiempo, la propuesta se basa en marcos de prospectiva identificados en la literatura y de los cuales se toman elementos de forma complementaria que sean de utilidad para el contexto de los ClyDT, conserva las tres etapas en la realización de ejercicios de PT, de los marcos revisados en la literatura: pre-prospectiva, prospectiva y post-prospectiva. Para cada etapa se reseñan las actividades a realizar para alcanzar los resultados esperados.

Se presentan los resultados de la aplicación de la propuesta en un centro de investigación y desarrollo tecnológico (ClyDT) universitario: el Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM). El tema de aplicación corresponde al análisis de los riesgos naturales en ingeniería civil que representa una de las mayores competencias de la organización.

1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Mulgan (2002) los ejercicios de prospectiva buscan promover una mejor toma de decisiones, facilitar la visión del futuro y en general, estar mejor preparados para los cambios.

Los estudios del futuro como campo de estudio, busca identificar las diferentes alternativas que pueden crearse a largo plazo, principalmente, desde dos perspectivas: la prospectiva (*foresight*) y los pronósticos (*forecasting*). La prospectiva es un proceso que busca la identificación del futuro posible, probable o plausible y también la construcción de este. Por otro lado, los pronósticos retoman información existente y desde esa información se identifican tendencias. El campo de estudio de los estudios del futuro ha ido ganando espacio como una herramienta para la planeación y toma de decisiones, no solo en el ámbito de la identificación de áreas tecnológicas, económicas o sociales, también en la construcción de políticas públicas y la determinación de estrategias futuras en las organizaciones. En la práctica de los estudios del futuro, la prospectiva y los pronósticos se utilizan cada vez más de forma conjunta en los ejercicios.

Ahora bien, diversos autores advierten que el campo de estudio sigue en desarrollo y sobre la existencia de una brecha entre la práctica y la teoría (Hideg, 2007; Barré & Keenan, 2008; Andersen y Rasmussen, 2014; Son, 2015). Se observó en la literatura académica tres grandes grupos de trabajo: autores trabajando por desarrollar el cuerpo de conocimiento, otro grupo publicando y analizando los resultados de los ejercicios de prospectiva realizados y finalmente un importante grupo de investigadores dedicados al estudio y desarrollo de las técnicas o herramientas de los estudios sobre el futuro.

En el primer grupo, se habla de la necesidad de desarrollar el cuerpo de conocimiento de manera coherente, así como de la falta de consistencia del campo de estudio (Gordon *et al.*, 2005; Rohrbeck y Gemünden, 2010; Andersen y Rasmussen, 2014). Autores advierten sobre la necesidad de nuevas herramientas para hacer prospectiva, así como el desarrollo de las actuales (Scapolo, 2005; Öner y Göl, 2007; Popper, 2008; Rohrbeck y Gemünden, 2010; Vecchiato, 2012; Gordon *et al.*, 2020). La literatura de la práctica de los estudios sobre el futuro da cuenta de la necesidad de ejercicios en contextos distintos a los reportados, que expongan nuevas experiencias y con ellas enriquecer el campo de estudio (Rohrbeck y Gemünden, 2010; Andersen y Rasmussen, 2014).

Del segundo grupo, el de la práctica, se identificó que son los grandes temas como el cambio climático los que ocupan un importante número de trabajos en la literatura. Se observa que es en Europa y Asia en donde los estudios del futuro se han desarrollado y utilizado de manera más constante. En la literatura se afirma que la práctica de los estudios del futuro se realiza sin tomar en cuenta lo desarrollado en la teoría y, más aún, sin haber revisado trabajos anteriores, por lo que el campo de estudio se ha desarrollado sin cohesión.

Finalmente, las técnicas de los estudios sobre el futuro han tenido su propio desarrollo, tanto teórico como práctico. En esta investigación, se identifica a las técnicas como el puente que une a la teoría y la práctica de los estudios del futuro. Los ejercicios más recientes han ido incorporando más de una técnica, e incluso combinando técnicas

cualitativas propias de la prospectiva y cuantitativas más afines a los objetivos de los pronósticos.

Como se mencionó, en la literatura de la práctica, se solicitan ejercicios en contextos distintos a los reportados que permitan enriquecer con experiencias el campo de estudio. Desde esta solicitud nace el interés de este trabajo. Se propone un método, que surge de la revisión de los marcos reportados en la literatura aplicados en el ámbito de la política pública de forma exitosa. De dichos marcos, se retoman los elementos que responden a las características de Centros de Investigación y Desarrollo (ClyDT) en México.

Autores como Öner y Göl, (2007) o Laliene y Liepe, (2015) consideran que los ClyDT representan organizaciones idóneas para llevar a cabo procesos de prospectiva tecnológica. Este tipo de organizaciones tienen la necesidad de generar entendimiento sobre las tendencias tecnológicas con el fin de establecer los caminos a seguir en el mediano y largo plazos. Al mismo tiempo, cuentan con capacidades para emprender tales ejercicios: expertos en los temas de investigación de interés y acceso a bases de datos con información científica y tecnológica (Öner y Göl, 2007; Laliene y Liepe, 2015).

El objeto de estudio de esta investigación es la propia prospectiva y de manera más específica la prospectiva tecnológica. Yüksel y Cifci (2017) definen a la prospectiva como un proceso sistemático y multidisciplinario con combinaciones metodológicas adecuadas para identificar áreas tecnológicas, económicas y sociales para priorizar inversiones e investigación a fin de determinar estrategias futuras a mediano o largo plazo utilizando todos los niveles de recursos, desde organizacionales hasta internacionales.

La prospectiva puede ser de dos tipos: exploratoria o estratégica. La prospectiva exploratoria, consiste en ejercicios que exploran los futuros posibles a partir del análisis del pasado, la identificación de las tendencias pasadas de evolución y de un análisis del presente en la determinación de los factores de cambio y los hechos portadores de futuro. Este tipo de prospectiva permite detectar las tendencias y encontrar opciones de evolución, identificar las continuidades, las rupturas y las bifurcaciones de las variables del entorno (actores y factores) así como determinar el abanico de los futuros posibles (Medina, *et al.*, 2014).

Por otro lado, la prospectiva estratégica, busca identificar el recorrido que permita alcanzar el objetivo deseado, ya sea a partir del presente hacia el futuro o del futuro al presente. Permite la construcción de visiones de futuros deseables, elabora estrategias colectivas y lógicas de intervención que sirvan para mejorar la toma de decisiones (Medina, *et al.*, 2014).

Este trabajo se centra en la prospectiva tecnológica estratégica. El método propuesto retoma los tipos de incertidumbre identificados por Milliken (1987): el estado, el efecto y la respuesta, con el fin de facilitar a los tomadores de decisiones su trabajo. El estado de la incertidumbre se aborda desde el monitoreo o escaneo del ambiente (inteligencia tecnológica). El efecto de la incertidumbre se aborda desde el modelo de sistemas viables en donde se identifican las relaciones entre los subsistemas de una organización y el lugar que ocupan los procesos de prospectiva en la misma. Finalmente, la planeación como apoyo a la respuesta a la incertidumbre.

Otro marco conceptual que se utiliza son el enfoque de sistemas, que permite la comprensión integral del problema, el cual tiene un carácter teleológico y dinámico. Es útil para identificar el contexto y su interacción con el sistema de interés, así como a los involucrados e interesados en el sistema (*stakeholders*). En el enfoque de sistemas, se asume la existencia de un facilitador y que cada sistema, puede estar compuesto por otros subsistemas. En este sentido, el modelo de Sistemas Viables (MSV) permite identificar los subsistemas de los que se compone el sistema y cómo están relacionados. Más aún, el MSV identifica un subsistema inteligencia que escanea el ambiente y plantea los posibles futuros de la organización, subsistema que se puede apoyar del trabajo de los estudios sobre el futuro.

En este trabajo, un ClyDT se considera como un sistema viable. Un ClyDT cuenta con áreas de implementación que están representadas por las áreas de investigación de interés de cada centro. Tiene áreas de coordinación, una por cada área de conocimiento que cultiva el centro. Un subsistema política, localizado en la Dirección del centro. Los subsistemas de cohesión y control de un ClyDT recaen en actividades de evaluación y control en los centros y finalmente la tarea del sistema inteligencia recaería en cada uno de los investigadores o grupos de investigación, si es que el ClyDT no cuenta con un grupo dedicado a esta tarea. Dicho grupo, se encargaría del monitoreo del ambiente y la identificación de la frontera del conocimiento de los temas de interés.

Los estudios sobre el futuro son un campo de estudio que utiliza herramientas y mecanismos para generar información y una vez que las personas se apropian de esa información, se puede decir que se genera conocimiento (se retoma el paradigma del modelo SECI de la generación de conocimiento). En particular para este trabajo, se busca que, utilizando el método propuesto, este pueda proveer de información que permita la toma de decisiones. La prospectiva tecnológica, objeto de estudio de esta investigación, se encarga de visualizar los futuros de la organización, permite identificar los recursos y las acciones necesarias para acercarse a los objetivos planteados.

La prospectiva y la planeación, en especial la estratégica, se han desarrollado de manera paralela. Los estudiosos de la planeación estratégica ya advierten que son los futuristas quienes podrían apoyar al desarrollo del campo de estudio. Coates (1985), identifica a la prospectiva como un paso dentro de un proceso de planeación. Por otro lado, Cuhls (2003) escribe que la principal diferencia de la planeación con los pronósticos o la prospectiva es que la primera termina en un plan. Así, los pronósticos y la prospectiva son de utilidad en la creación de los planes suministrando a los tomadores de decisión con información relevante para su formulación.

1.1 ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN

En la prospectiva se dice que el proceso es tan importante como el resultado en sí mismo. Así, se propone un método de prospectiva tecnológica con base en marcos de prospectiva, en las buenas prácticas identificadas en la literatura, así como en un caso, con diferentes unidades de análisis, que permitan probar y ajustar la propuesta.

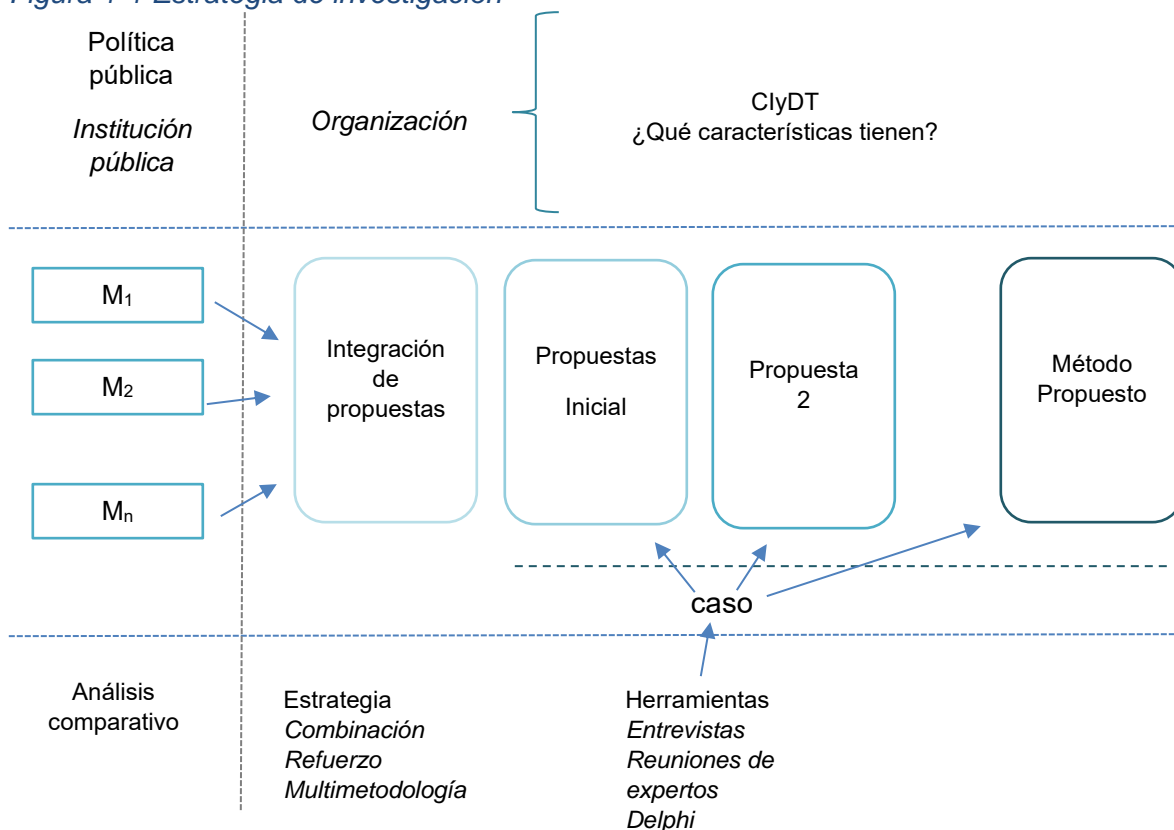
Se busca también, aportar a disminuir la brecha entre la teoría y la práctica al proponer un método basado en la revisión de la literatura, las características de los ClyDT en México y en un caso en este contexto.

La investigación parte de la experiencia obtenida de un ejercicio de Inteligencia Tecnológica realizado en un el Instituto de Ingeniería de la UNAM: Temas Estratégicos de Investigación (Proyecto TEI) el cual fue parte del Plan de Desarrollo Institucional 2012-2016 (López-Ortega, *et al.*, 2019).

La investigación se realizó en tres partes. En la primera parte, se revisó de la literatura académica la forma en que se realizaron ejercicios de prospectiva tecnológica. De los ejercicios anteriores, se identificaron los marcos reportados en la literatura. Se observó, que una buena parte de los ejercicios se realizan a nivel normativo en políticas públicas. Debido a que se toma como caso de análisis a las ClyDT, se observaron las diferencias entre las instituciones públicas (de política) con un campo de acción normativo y las organizaciones con un actuar estratégico como los ClyDT.

En una segunda parte de la investigación se revisaron los marcos encontrados en la literatura académica. En el campo de estudio se ha trabajado sin tomar en cuenta los trabajos publicados. De este modo, en primer lugar, se retoman trabajos publicados y con base en ellos se propone un método que retoma características de los marcos en la literatura y las características de los ClyDT en México.

Figura 1-1 Estrategia de investigación



Elaboración propia

La tercera etapa inicia con una propuesta integrada por elementos de los diferentes marcos de la literatura académica (combinación) y elementos de otras áreas de conocimiento

(multimetodología¹). Esta propuesta se aplica en un ClyDT con el fin de probarla, hacer los ajustes necesarios y probar su validez en diferentes unidades de análisis.

Minger y Brocklesby (1997) definen a la metodología como:

Un conjunto estructurado de guías o actividades para ayudar a las personas a realizar investigación o intervenciones (Mingers y Brocklesby, 1997, pág. 490).

Los autores argumentan que una metodología puede emerger de las buenas prácticas dentro de un paradigma². Las metodologías responden los *qués*, apoyándose de diferentes técnicas que responda a los *cómos*.

Así, de acuerdo con Mingers y Brocklesby (1997), se trata de una partición (identificación de las partes que se van a considerar para el caso) y combinación (combinación de las partes seleccionadas en la partición), que de acuerdo con los autores es útil al momento de construir una multimetodología para una situación particular.

Las experiencias acumuladas en cada proceso de prospectiva se tradujeron en conocimiento que sirvió para realimentar el método propuesto. La retroalimentación se basa en la idea de aprendizaje de Kolb que establece que un proceso de aprendizaje efectivo requiere de cuatro fases:

1. Experiencia concreta.
2. Observación reflexiva. En donde se reflexiona sobre lo hecho y la experiencia, estableciendo una conexión entre lo que se hizo y los resultados obtenidos u observados.
3. Conceptualización abstracta. Desde la reflexión se obtienen conclusiones o generalizaciones de la experiencia particular.
4. Experimentación activa. Se prueba en la práctica las conclusiones obtenidas, usándolas como guía para orientar acciones futuras.

Este aprendizaje se da en las personas que guían el proceso de prospectiva, quienes participan en él y los clientes del proceso. Estos aprendizajes en cada iteración se plasmaron como modificaciones o ajustes al método propuesto. Al final de cada iteración, se consigue aprendizaje aplicable, tanto para el método como para la organización.

1.2 CONSTRUCCIÓN Y APLICACIÓN DEL MÉTODO

Entre los marcos revisados en la literatura sobre los estudios del futuro, se encuentra el marco general de Martin (1995) que divide a los procesos de prospectiva en tres etapas: la pre-prospectiva, la prospectiva y la post-prospectiva. La segunda etapa es en donde se genera el conocimiento y la de interés para este trabajo. Dado que el sujeto de estudio es una organización, se tomó del marco de Voros (2003) en el cual se hace explícito que la prospectiva es parte de la planeación estratégica.

¹ Minger y Brocklesby (1997) hablan sobre la multimetodología como una herramienta que permite diseñar una nueva metodología a través de las fortalezas de las diferentes metodologías que la conformarán.

² Un paradigma es un conjunto general de suposiciones filosóficas que definen la naturaleza de la posible investigación o intervención (Mingers & Brocklesby, 1997)

En el trabajo se usa de Miles (2002) la idea de la renovación del proceso de prospectiva. Se busca hacer a la prospectiva parte de las organizaciones. Un marco más reciente es el de los daneses Andersen y Rasmussen (2014) de quienes se retoma la idea de detallar las actividades del proceso. Por otro lado, Cuhls (2003) pone atención a las herramientas de la prospectiva en cada etapa a utilizar para alcanzar los objetivos y fomentar la participación.

En el área de la generación de conocimiento, se observa el marco propuesto por Öner y Göl (2007), quienes identifican la transformación del dato en acciones a través de las diferentes etapas del proceso de prospectiva.

De los marcos revisados, se identificaron elementos o características en las que los autores ponen especial atención. Como parte del proceso de análisis estos elementos o características se agruparon en 6 conjuntos: etapas, contexto, objetivo/propósito, involucrados, métodos/ técnicas y proceso sistemático.

Por otro lado, la recolección de datos se hizo principalmente con expertos y en la base de datos Scopus. Para identificar la saturación de datos se retomó a Fusch y Ness (2015), quienes argumentan que las entrevistas y las reuniones de expertos son herramientas que permiten conseguir la saturación de datos. En este trabajo además de las entrevistas, las reuniones con expertos y la bibliometría, se utilizó el método Delphi para el acotamiento de los temas.

El método propuesto fue aplicado en el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (IINGEN). La aplicación del método permitió probarlo, retroalimentarlo y ajustarlo. El trabajo utilizó la información generada por el grupo de planeación del IINGEN en el proyecto Temas Estratégicos de Investigación (TEI). Este proyecto identificó siete temas relevantes para el IINGEN. De estos temas, se trabajó en el proyecto de prospectiva tecnológica en el tema denominado Riesgos Naturales en Ingeniería Civil (RNIC). Del TEI-RNIC se identificaron dos Líneas Estratégicas de Investigación (LEI).

1.3 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se plantea desde la práctica de los estudios sobre el futuro en donde se solicitan experiencias en contextos distintos a los reportados en la literatura. Así, se propone un método de prospectiva tecnológica para centros de investigación y desarrollo tecnológico (ClyDT) en México.

Este trabajo busca aportar sensibilidad a la teoría de la prospectiva tecnológica, desde el contexto de los ClyDT universitarios, a través de la experiencia obtenida de un caso en donde se aplicará el marco propuesto en diferentes unidades de análisis (Whetten, 1989).

1.3.1 Objetivos específicos

- Identificar los marcos reportados en la literatura con el objetivo de sentar una base para la construcción del método propuesto.
- Identificar las características de los institutos y centros de investigación, con el fin de retomarlos en la construcción del método propuesto.
- Proponer un método de prospectiva tecnológica considerando las características del centro de investigación de aplicación.

- Aplicar el método en un centro de investigación y desarrollo con el objetivo de identificar tendencias tecnológicas y/o nuevas líneas de investigación.

1.4 SUPUESTOS DE LA INVESTIGACIÓN

En la literatura de los estudios sobre el futuro, se afirma que cada ejercicio de prospectiva es único. Esto es, el método debe adecuarse a cada circunstancia. Mojica (2018) afirma que un marco de prospectiva toma forma según la región donde se aplica. La idea de Mojica fue trasladada a las organizaciones. Es decir, se consideró que se requiere un método de prospectiva de acuerdo con las características de la organización y del contexto en donde se realice el proceso de prospectiva. Más aún, Jiménez y Aguirre-Vázquez exponen la necesidad de adaptación de las metodologías suaves –como lo son los estudios sobre el futuro- para mostrar el contexto particular (Jiménez y Aguirre-Vázquez, 2001).

1.5 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

El método propuesto retoma elementos de marcos revisados en la literatura de los estudios sobre el futuro, que se adecuan al sujeto de la investigación, es decir, los ClyDT universitarios.

Este trabajo se centró en el proceso de prospectiva tecnológica, en las fases de pre-prospectiva y prospectiva. El buen desarrollo de la fase pre-prospectiva permite generar mejores condiciones para que en la fase prospectiva se genere conocimiento relevante. Así, el método propuesto observa la relevancia de la fase pre-prospectiva, como factor de éxito para el proceso de prospectiva.

En la literatura más reciente se ha mostrado que hasta el momento los practicantes y teóricos del campo de estudios han trabajado de forma desvinculada. Por lo anterior, el método propuesto integra los marcos planteados por distintos practicantes y teóricos del campo de estudio.

1.6 APORTE DE LA INVESTIGACIÓN

Se presenta un método para desarrollar ejercicios de prospectiva tecnológica en ClyDT en México, desde la visión de sistemas y la inteligencia tecnológica. El trabajo busca aportar a disminuir la brecha entre la teoría y la práctica en el campo de estudio de los estudios del futuro, aportando en el desarrollo y aplicación de un método basado en la teoría de sistemas, en un contexto poco visible en la literatura académica.

El trabajo muestra evidencia de la aplicación del método de prospectiva propuesto, en un ClyDT.

1.7 DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO

Capítulo 1: contiene la introducción, la estrategia de investigación, así como los objetivos y el alcance de la investigación.

Capítulo 2: se presenta la revisión de la literatura de la prospectiva y la prospectiva tecnológica, desde un bosquejo histórico de su desarrollo. Se presenta también en este apartado los retos del campo de estudio en general. Se limita el trabajo a la prospectiva

tecnológica, un término que ha despegado y cobrado importancia desde la década de 1990 y que es útil para acotar el trabajo a los centros de investigación y desarrollo.

Capítulo 3: contiene los marcos conceptual y teórico que sustentan las ideas desarrolladas en esta investigación.

Capítulo 4: se muestran los marcos del campo de estudio de los estudios del futuro, los cuales sirvieron como base para el método propuesto. Este apartado concluye con la presentación del método propuesto.

Capítulo 5: se presenta la aplicación del método y los resultados alcanzados. Al mismo tiempo se documentan las experiencias obtenidas.

Capítulo 6: se enlistan las conclusiones, así como las líneas de investigación identificadas para su desarrollo.

2 LOS ESTUDIOS SOBRE EL FUTURO

En este apartado se muestra la evolución que han tenido los estudios sobre el futuro y como se han ido adaptando al contexto. Se muestra la utilidad que este tipo de ejercicios tiene para la toma de decisiones en el mediano y largo plazo en instituciones públicas, así como en organizaciones de menor tamaño en diferentes sectores, principalmente las dedicadas a la investigación y desarrollo. De este modo y buscando aportar al campo de estudio con un contexto poco explorado, se toma como contexto los Centros de Investigación y Desarrollo (ClyDT) en el contexto mexicano, aprovechando la oportunidad que se tiene de acceso a una organización de este tipo.

2.1 EL ENFOQUE PROSPECTIVO

2.1.1 El desarrollo de los estudios del futuro o prospectiva

El surgimiento y desarrollo de la prospectiva se observa fuertemente relacionado con la evolución con la que ha avanzado la tecnología. Linstone (2011) explica la relación que ha tenido la sociedad en diferentes etapas con la tecnología. De acuerdo con Linstone (2011), posterior a la agricultura, con la rápida evolución de la tecnología se han definido -hasta el momento- tres sociedades: la industrial, la de la información y la molecular. La sociedad industrial floreció en occidente antes de 1800 y ya ha pasado por los procesos de gestación, crecimiento, madurez y decadencia. La sociedad de la información, tienen sus raíces en la Segunda Guerra Mundial –sociedad en la que se gestó la prospectiva como campo de estudio y que corresponde a la cuarta onda de Kondratiev³ -, esta sociedad está caracterizada por el uso de las computadoras, las comunicaciones y las redes. La sociedad del conocimiento tuvo su auge en la década de 1970 y a medida que va avanzando a su etapa de madurez se centra en la digitalización. La tercera sociedad identificada por Linstone, se encuentra aún en desarrollo y abarca la biotecnología, la nanotecnología y la ciencia de los materiales (Linstone, 2011).

La prospectiva surgió durante la sociedad industrial y tuvo un fuerte desarrollo durante la sociedad de la información. De acuerdo con la revisión de la literatura la prospectiva como se conoce en la actualidad tiene su origen al terminar la Segunda Guerra Mundial. En Estados Unidos de América se desarrollaron los pronósticos y la investigación de operaciones como respuesta a la necesidad de exploración de nuevas tecnologías. Por otro lado, en Europa floreció un movimiento de planeación nacional, que buscaba el desarrollo de una mejor sociedad, así como el rediseño y la reconstrucción de la infraestructura (Schultz, 2016).

³ Las ondas de Kondratiev (onda K) tienen una duración de 50-60 años, que muestra desde 1800 un patrón cíclico no sólo en la economía, también la tecnología, las fuentes primarias de energía global y la organización corporativa. Entre cada pico de onda existe una tecnología global. El repunte de la recuperación de la onda permite un tiempo de crecimiento económico, la consolidación del conocimiento y la explotación de las tecnologías disponibles. El posterior decrecimiento de la onda no es solo un proceso de declive económico, sino un punto en donde las innovaciones se hacen más intensas que promueven el crecimiento de una nueva onda K.

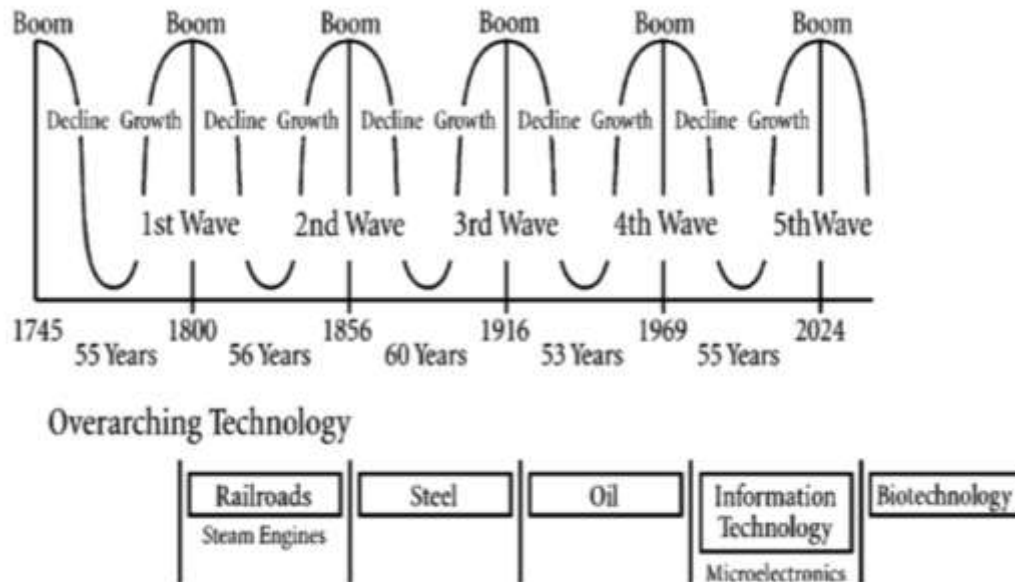
Tabla 2-1 Sociedades y eras de la prospectiva

Año	Sociedad	Características	Eras de la prospectiva
8000 AC	Agricultura		
1800 DC	Industrial		Primera
1970	Información	Computadoras Comunicaciones Redes	Segunda
2025	Molecular	Biotecnología Nanotecnología Materiales	Tercera

(Linstone, 2011)

Durante las décadas de 1950 y 1960 la prospectiva fue desarrollada como una herramienta ampliamente aceptada por las grandes empresas, las organizaciones internacionales y los gobiernos de muchos países (Jantsch, 1967). Esta primera generación de exploración del futuro estuvo fuertemente vinculada con la carrera armamentista y el desarrollo militar. La identificación de la trayectoria del cambio tecnológico es una característica fundamental de esta primera generación (Medina, *et al.*, 2014).

Figura 2-1 Ondas de Kondratiev



(Linstone, 2011)

A medida que nuevas necesidades sociales surgieron –como la reconstrucción europea, los procesos de descolonización en África, la urbanización y el crecimiento económico mundial-, se fue gestando la segunda generación de la prospectiva. Esta segunda

generación estuvo caracterizada por una reflexión más crítica e interpretativa del progreso comparado entre países (Medina, *et al.*, 2014). Andersen y Rasmussen (2014) señalan que la tradición de los estudios sobre el futuro se atribuye principalmente a las comunidades académicas francesas de mediados de 1960, en torno a personas como Gaston Berger y Bertrand de Jouvenel. Estas comunidades se caracterizaban en parte por una actitud pesimista y crítica hacia el futuro y el desarrollo tecnológico. Otros autores también consideran al noruego Johan Galtung como uno de los pioneros de los estudios sobre el futuro. Por su parte, en Egipto se considera a Ibrahim Abdel Rahman como un pionero del desarrollo del pensamiento de largo plazo, en Marruecos a Mahdi Elmandjr, Uvais Ahamed en Sri Lanka, Ziauddin Sardar en Pakistán y en India a Ashis Nandy (Schultz, 2016) (Miles, *et al.*, 2008).

Cordeiro (2016) reconoce que a finales de la década de 1960 y principios de la siguiente, tres instituciones futuristas con carácter global se consolidaron: la *World Future Society*, la *World Futures Studies Federation* (WFSF) y el Club de Roma. El mensaje pesimista del Club de Roma en *Los Límites del Crecimiento* y la crisis petrolera de 1973, impulsaron el auge de los estudios sobre el futuro en el mundo (Son, 2015). A estas instituciones se incorporaron expertos de Iberoamérica cuando iniciaron su expansión. Se considera al argentino Amilcar Herrera el precursor de la prospectiva Latinoamericana por su trabajo el *Modelo Mundial Latinoamericana* o *Modelo Bariloche*, realizado entre 1972 y 1975 el cual surgió como respuesta a *Los límites al crecimiento*⁴ (Marí, 2009; Cordeiro, 2016).

De acuerdo con Godet (2000) en la década de 1970 había un creciente interés por estudiar el futuro y se usaban palabras como predecir o prever. Se esperaba que la futurología se convirtiera en una ciencia del futuro como la historia es una ciencia que estudia el pasado.

Está quedando claro que no podríamos imaginar el futuro como una mera extensión del pasado y que esta tendencia no podría seguir, especialmente cuando únicamente se toman parámetros cuantitativos que nos llevan a descuidar factores cualitativos que juegan un papel igualmente determinante...

Las décadas de los 60 y 70 demostraron ser productivas en términos de la reflexión sobre el futuro y sobre el papel que las personas podrían desempeñar en su construcción, sobre todo a través de la tecnología y el análisis de sistemas que permiten analizar, comprender y dominar la complejidad de los sistemas económicos y sociales (Godet, 2000, pág. 1458).

Godet (2000) escribe que en 1971 trabajaba creando modelos de pronósticos para conocer las necesidades de energía a largo plazo para la Comisión Atómica de Energía de Francia e identificó que había una crisis en los pronósticos y que algo nuevo se necesitaba.

⁴ Informe encargado al Massachusetts Institute of Technology por el Club de Roma. Publicado en 1972, en el cuál Donella Meadows y Jay Forrester, presentaron las simulaciones de un modelo mundial que sostuvo que los límites al crecimiento de la humanidad son físicos, y que la salida a un futuro catastrófico es a través de la reducción del crecimiento poblacional y la restricción al crecimiento de la economía mundial (Cordeiro, 2016).

...eso nuevo se ha llamado “*prospective*” desde 1957 (Godet, 2000, pág. 1458).

Para Kuwahara (1999) el uso moderno de la prospectiva tiene sus raíces en Japón. En la década de 1970, Japón experimentó un desarrollo económico exitoso basado en la investigación y la tecnología. Kuwahara atribuye dicho éxito a la prioridad que se dio a la investigación y al desarrollo de políticas tecnológicas sobre la base de amplios proyectos de prospectiva tecnológica que iniciaron a finales de la década de 1960.

Por su parte Godet (2010) afirma que la *prospective* no tuvo un equivalente en Estados Unidos de América hasta que surgió el término *foresight* (prospectiva) a mediados de la década de 1980, influenciado por la evaluación tecnológica. Godet advierte que ambos términos (*prospective* y *foresight*) no se deben considerar como sinónimos.

Medina y otros (2014) observan una tercera generación de prospectiva que surge a finales de la década de 1980 y principios de 1990. Esta generación modifica el enfoque que prevalecía de observación, por uno de construcción de respuestas y solución a problemas globales (Medina, *et al.*, 2014).

Países tecnológicamente avanzados como Alemania, Francia y Gran Bretaña han tenido programas de prospectiva desde el comienzo de la década de 1990. Desde el año 2000, países como Portugal, Chipre, Malta, Bulgaria, Estonia y Dinamarca, los más recientes miembros de la Unión Europea Europa pertenecientes al Este del continente como la República Checa, Polonia y Rumanía, así como las economías en crecimiento en Asia como Tailandia, Corea del Sur, Malasia e Indonesia y países en América Latina como Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Perú y Venezuela han llevado a cabo proyectos nacionales de prospectiva (Daim *et al.*, 2009; Andersen & Rasmussen, 2014) (Feige & Vonortas, 2016)

Mojica (2010) escribe que en los países de Latinoamérica se reflejaron ciertos patrones de los establecidos en Estados Unidos América y Europa. De acuerdo con Mojica (2010) además de Berger otros pioneros que influenciaron los estudios sobre el futuro en la América de habla hispana fueron Olaf Gelmer, Ted Gordon y Norman Dalky.

Medina y otros (2014) escriben que en la actualidad la prospectiva se encuentra en la confluencia de la tercera y la cuarta generación. La prospectiva se está convirtiendo en un proceso que desencadena la innovación y busca encontrar respuestas en diferentes áreas del conocimiento. El proceso en que está inmersa la prospectiva:

... está dando lugar a una fertilización cruzada de la prospectiva con otras disciplinas (Medina, *et al.*, 2014, pág. 43)

Tabla 2-2 Evolución de los estudios sobre el futuro

	Generaciones de prospectiva			
	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta
Periodo	Décadas de 1950 y 1960	Décadas de 1970 y 1980	Décadas de 1990 y 2000	Década de 2010
Conceptos principales	Predicción y pronóstico del cambio tecnológico	Comprensión, interpretación y crítica de los cambios sociales	Construcción social, creación de alternativas y solución de problemas	Innovación, convergencia tecnológica, sostenibilidad del planeta
Énfasis en el desarrollo de la disciplina	Bases filosóficas y metodológicas	Desarrollo de instrumentos y caja de herramientas	Desarrollo de procesos y sistemas de aprendizaje y respuesta al cambio	Desarrollo de capacidades de gestión del cambio
Desarrollo institucional de la prospectiva	Pioneros	Asociaciones internacionales Programas de formación	Consolidación de redes, centros e institutos	Profesionalización Mayor conexión con la toma de decisiones

(Medina, Becerra, & Castaño, 2014) en (SENA, 2017)

En el trabajo de SENA (2017) se habla sobre la evolución conceptual que ha tenido la prospectiva. A inicios de los años setenta se aceptaban tres enfoques: los estudios sobre el futuro (*future studies*), la planeación a largo plazo (*long-range planning*), y los pronósticos (*forecasting*). De acuerdo con el trabajo de SENA, tras un intenso debate conceptual, la comunidad académica concluyó que el término de *future studies* era el más adecuado para nombrar el campo de los futuros por su elasticidad para incorporar diversos enfoques.

Tabla 2-3 Escuelas y enfoques de los estudios prospectivos

Contexto	Décadas de 1940, 1950 y 1960	Décadas de 1970 y 1980	Décadas de 1990 y 2000
América del Norte	Planeación a largo plazo Investigación de futuros	Pronóstico tecnológico Planeación por escenarios	Futuro (<i>futuring</i>) Prospectiva estratégica
Europa	Prospectiva Futurología	Prospectiva estratégica Previsión humana y social	Prospectiva Actividades prospectivas
Entorno Internacional	Análisis de sistemas	Dinámica de sistemas Elaboración de visiones Vigilancia tecnológica	Pensamiento sistémico Análisis sobre los futuros de la tecnología Análisis tecnológico orientado al futuro Análisis de horizontes

(SENA, 2017)

Schultz (2016) habla de una quinta generación de estudios sobre el futuro que nombra: complejidad y emergencia. De acuerdo con Schultz, estamos en el inicio de esta quinta generación la cual se combina con teorías de la psicología, con un marcado interés en lo social y cultural, los cuales la literatura reciente muestra que son factores determinantes

para los estudios del futuro. A este nuevo movimiento, autores como Slaughter y Voros lo llaman Futuros Integrales. Esta nueva generación se ha desarrollado no sólo en Europa y Estados Unidos de América, como en un principio, ahora Asia es también un referente en el campo de estudio. Schultz menciona a los estudios del futuro como una herramienta de utilidad para otros campos emergentes:

A finales del siglo XX, el desarrollo del pensamiento sistémico en forma de teoría de caos y complejidad mejoró la comprensión de la dinámica de los sistemas humanos y planetarios entrelazados.

Estas teorías proporcionaron un paradigma de cambio como una propiedad emergente de sistemas de complejos y adaptativos vivos, explorables pero raramente predecibles (Schultz, 2016, pág. 330).

En el siguiente apartado se muestran algunas de las definiciones encontradas en la revisión de la literatura. Se observa que no hay una única definición aceptada por los investigadores del campo de estudio, sin embargo, se advierten características comunes entre las distintas definiciones, que podría hablarnos de cómo se está desarrollando el campo de estudio.

2.1.2 ¿Qué es la prospectiva?

La prospectiva incluye dos términos: la anticipación y la construcción del futuro. Etimológicamente, prospectiva proviene de los vocablos *prospicere* o *prospectare*, que expresan la idea de mirar mejor y más lejos lo que está por venir (Medina, 2011 en SENA, 2017).

Según Berger, la prospectiva es una postura, que busca generar una visión de futuro con cinco características básicas: mirar mejor (una visión de futuro de alta calidad), mirar más lejos (una visión a largo plazo), mirar de manera amplia (o de forma sistemática), ver con profundidad y ver distinto (SENA, 2017).

En la literatura se encuentran diferentes definiciones de prospectiva. Ian Miles (2011) en su trabajo *De los estudios de futuros a la prospectiva* escribe:

Un paso importante en la configuración del ámbito actual de la prospectiva viene de la SPRU⁵, donde dos investigadores realizaron ensayos sobre la aplicación de métodos de estudios de futuros a la formulación de políticas sobre ciencia y tecnología alrededor del mundo, y recurrieron al término “prospectiva” (foresight) para referirse a estas actividades (Miles , 2011, pág. 75).

Ben Martin aseguró que fueron él y John Irvine quienes introdujeron la prospectiva como contrapunto del análisis retrospectivo de las fuentes de desarrollo tecnológico. Miles et al. (2011) identifican lo que no es la prospectiva:

Únicamente labor de pronóstico (ya no digamos predicción), aunque los pronósticos constituyen una componente importante de las actividades de prospectiva.

⁵ Miles (2011) escribe que la Unidad de Investigación para la Política sobre Ciencia (SPRU) de la Universidad de Sussex es tal vez el más influyente de los grupos de estudios sobre el futuro de los últimos años.

Estudios de futuros tipo “torre de marfil”, en los que un grupo de expertos académicos o consultores producen su visión del futuro o de futuros alternativos (Miles et al., 2011, pág.47).

El principal campo de acción de la prospectiva es en estudios nacionales o multinacionales que apoyen a la toma de decisiones y la construcción de políticas públicas. Así, lo que sí caracteriza a la prospectiva de acuerdo con Miles et al. (2011) es:

La orientación de largo plazo, dirigida a informar la toma de decisiones en curso (particularmente las de políticas públicas de investigación e innovación) y fundamentalmente en el supuesto de que, en más de un sentido, el futuro está abierto y puede moldearse positivamente al mejorar la comprensión de las oportunidades y las amenazas, los motores y los procesos subyacentes al cambio.

Uso de las diversas herramientas y técnicas formales para el desarrollo de análisis de largo plazo; entre éstas, métodos de realización de encuestas como Delphi, talleres de escenarios y análisis de tendencias; con un enfoque más orientado a la extrapolación y, por lo general, apoyándose en los resultados de la construcción de modelos, los estudios FODA y muchos otros métodos.

Participación activa de un gran acervo de conocimientos especializados (expertise) y frecuentemente de partes interesadas en general, a fin de acceder a conocimientos relevantes, invitar a otros a participar en el proceso de la política pública y establecer redes de coordinación continua de acciones e intercambio de información.

Vasos comunicantes entre disciplinas y sectores profesionales para atender problemas que surgen en el mundo real y que hacen caso omiso de este tipo de impedimentos. Esto suele requerir de mucha “traducción” y fusión de conocimientos provenientes de diversas fuentes (Miles et al., pág.47).

Por otro lado, la prospectiva ha ganado terreno como una herramienta útil para la toma de decisiones. Slaughter (1999) define a la prospectiva como:

La habilidad de crear y mantener una visión de futuro funcional, coherente y de alta calidad, y de utilizar los conocimientos que surjan con utilidad organizacional, por ejemplo, para detectar condiciones adversas, orientar la política pública, moldear estrategias y explorar nuevos mercados, productos y servicios (Miles et al., 2011, pág. 40).

Slaughter (1999) vincula a la prospectiva con la toma de decisiones, en particular de las organizaciones y afirma que la prospectiva institucionalizada es vital para las organizaciones de la época contemporánea. Así, si bien la mayor parte de los trabajos sobre prospectiva se centran en esfuerzos nacionales, en la revisión de la literatura se identificó que la prospectiva en organizaciones ha cobrado un nuevo ímpetu.

La Comisión Europea (CE) -una de las regiones del mundo en el que se observa una importante fuente de trabajos sobre el campo de estudio- define a la prospectiva como:

El proceso sistemático y participativo de comprensión futura y la construcción de visiones a medio y largo plazos destinadas a influir sobre las decisiones presentes y determinar acciones conjuntas (European Commission, 2015).

Yüksel y Cifci (2017) ofrecen su propia definición de prospectiva e identifican elementos de diferentes definiciones:

La prospectiva es un proceso sistemático y multidisciplinario con combinaciones metodologías adecuadas para identificar áreas tecnológicas, económicas y sociales para priorizar inversiones e investigación a fin de determinar estrategias futuras a mediano o largo plazo utilizando todos los niveles de recursos, desde organizacionales hasta internacionales (Yüksel y Cifci, 2017, pág. 808).

Yüksel y Cifci (2017) presentan un recuento de 12 definiciones de prospectiva (Tabla 2-4), incluida la propuesta por ellos. Se observa que características como: ser un proceso o estudio sistémico, participativo, de mediano y largo plazo; son elementos presentes en las definiciones. Del trabajo de Yüksel y Cifci (2017) se identifican categorías como: si se considera un proceso sistemático o no, el horizonte de tiempo, los objetivos o propósitos y los involucrados. Estas categorías se retomarán más adelante, ya que se ha observado que son recurrentes en distintas etapas de los estudios sobre el futuro y en particular de los procesos de prospectiva.

Tabla 2-4 Categorías en definiciones de prospectiva

	Estudios / procesos sistemáticos	Mediano y largo plazo	Contexto	Objetivos o propósitos	Involucrados
Martin (1995)	x	x			
Georghiou (1996)	x			X	
Georghiou <i>et al.</i> (2008)		x		X	x
Barre (2001)	x	x		X	x
Miles y Keenan (2002)	x			X	x
Miles (2003)		x			
Harper (2003)				X	x
CE, Keenan y Popper (2007)				X	x
Popper (2009)		x	x		x
Popper (2011)	x				x
Conway (2015)	x				x
Yüksel y Cifci (2017)	x	x			

(Yüksel & Cifci, 2017)

En el apartado objetivo o propósitos se pueden leer: construcción de visiones, recolección de inteligencia, movilización de acciones, evaluación de desarrollos científicos y

tecnológicos, cambio del sistema de investigación y de la cultura administrativa, establecimiento de prioridades, incubación de estrategias comunes. En la categoría de involucrados se encuentran frases como: proceso participativo, colectivo, creación de redes; vincular agentes de cambio y fuentes de conocimiento; promover investigación transdisciplinaria, capacidad cognitiva. Así, se observa que las definiciones responden a los intereses de cada proceso de prospectiva y los objetivos que persiguen.

Sobre los objetivos de los procesos de prospectiva, Roy Amara (en Miklos y Tello, 2007) enlista alguno de los observados en las investigaciones sobre el futuro:

- *Identificar y analizar alternativas futuras*
- *Caracterizar el grado de incertidumbre asociado con cada opción futura*
- *Identificar áreas clave precursoras de futuros particulares*
- *Examinar las implicaciones de una gama de planteamientos hipotéticos*
- *Adquirir una mayor comprensión de los procesos de cambio*
- *Aguzar el conocimiento y comprensión sobre nuestras preferencias* (Miklos y Tello, 2007, pág. 38).

Para Miklos y Tello la prospectiva tiene los siguientes propósitos:

- *Generar visiones alternativas de futuros deseados*
- *Proporcionar impulsos para la acción*
- *Promover información relevante bajo un enfoque de largo alcance*
- *Hacer explícitos escenarios alternativos de futuros posibles*
- *Establecer valores y reglas de decisión para alcanzar el futuro posible* (Miklos y Tello, 2007, pág. 56)

La prospectiva, no sólo permite e impulsa el diseño del futuro, también aporta elementos importantes al proceso de planeación y de toma de decisiones, al identificar los peligros y las oportunidades de ciertas situaciones futuras. La prospectiva es flexible, permitiendo la elección de futuros alternativos al tratarse de una visión de largo plazo (Miklos & Tello, 2007).

Para Miklos y Tello (2007) las investigaciones del futuro pretenden:

Definir y analizar alternativas futuras, es decir, responder a las preguntas: ¿cómo podría ser?, ¿cómo desearíamos que fuese? Y, en el caso específico de la prospectiva, ¿qué debemos y podemos hacer hoy para lograr el porvenir deseado? (Miklos y Tello, 2007, pág. 14).

De acuerdo con Miklos y Tello, también se busca examinar las implicaciones que pueden tener algunos planteamientos hipotéticos, prepararnos para los cambios que estén por venir con una actitud abierta, y al mismo tiempo:

Brindar información relevante en una perspectiva a largo plazo. Esto nos ayuda a tomar medidas preventivas (Miklos y Tello, 2007, pág. 15).

Miklos y Tello (1992) afirman que la prospectiva tiene una visión completa de las situaciones. La prospectiva estudia los problemas desde todos los ángulos:

La prospectiva sostiene una visión holística en lugar de parcial y desintegrada: además de aspectos cuantitativos, considera aquellos de naturaleza cualitativa, permitiendo así una apreciación más completa; sus relaciones son más dinámicas y están basadas en estructuras evolutivas y no fijas o estáticas; su futuro es múltiple e incierto; lo más importante: su actitud hacia el futuro es activa y creativa y no pasiva o sencillamente adaptativa (Miklos y Tello, 2007, pág. 21).

Para el hombre la prospectiva está en el campo de la incertidumbre⁶, le ayuda a conocer el futuro, el cual se encuentra en el campo de los deseos y las aprehensiones. La prospectiva ayuda al hombre a visualizarlos y concretarlos. El futuro se sitúa en el ámbito de la libertad y la voluntad del ser humano y la prospectiva le ayuda a alcanzar ese futuro (Miklos y Tello, 2007).

La prospectiva puede ser de dos tipos: exploratoria o estratégica. La prospectiva exploratoria, sistémica o cognitiva, consiste en ejercicios que exploran los futuros posibles a partir del análisis del pasado, la identificación de las tendencias pasadas de evolución y de un análisis del presente en la determinación de los factores de cambio y los hechos portadores de futuro. Este tipo de prospectiva permite detectar las tendencias de evolución, identificar las continuidades, las rupturas y las bifurcaciones de las variables del entorno (actores y factores), así como determinar el abanico de los futuros posibles. La prospectiva exploratoria facilita el reconocimiento de los desafíos en juego (Medina, *et al.*, 2014).

Por su parte, la prospectiva estratégica, normativa o programática pretende definir el recorrido que permita alcanzar el objetivo deseado, ya sea a partir del presente hacia el futuro o del futuro al presente. La estrategia se concibe como el ejercicio de determinar los recursos disponibles y elegir los medios que se deben emplear en función del objetivo de que se trate. Se orienta de manera principal a la toma de decisiones. La prospectiva estratégica permite la construcción de visiones de futuros deseables, elabora estrategias colectivas y lógicas de intervención que sirvan para mejorar la toma de decisiones (Medina, *et al.*, 2014).

La prospectiva se basa en la opinión de expertos, obteniendo opiniones de personas de diferentes áreas de conocimiento. Es por naturaleza una disciplina social. Se trata de tentativas sistémicas de identificación y selección de futuros deseados que deben implicar la mayor cantidad de expertos implicados. La prospectiva es participativa, lo que la hace integradora (Rodríguez Cortezo, 2001).

Los diversos actores que colaboran en un ejercicio de prospectiva intercambian conocimientos y posiciones, y se esfuerzan en llegar a consensos que luego les obliga a todos (Rodríguez Cortezo, 2001, pág. 15).

⁶ La RAE la define como falta de certeza. La certeza la define la misma organización como el conocimiento seguro y claro de algo.

2.1.3 Técnicas y ejercicios de prospectiva

2.1.3.1 Técnicas de la prospectiva

Una de las áreas que predomina en la literatura académica de los estudios sobre el futuro son las técnicas o herramientas que se utilizan. Un grupo de investigadores de diferentes instituciones alrededor del mundo, se han unido para crear un marco que apoye al proceso de conducción y selección de herramientas de la prospectiva. A este grupo de investigadores se les conoce como el *Technology Futures Analysis Methods Working Group*. (TFANWG)⁷. El TFANWG ya advertía en 2004 sobre la falta de desarrollo que existe en el campo de los estudios sobre el futuro (Porter *et al.*, 2004):

Ha habido poca atención sistemática al desarrollo conceptual del campo como un todo. Se hacen esfuerzos aislados, pero sin coordinación en la mejora de las técnicas, la selección de las técnicas o la integración del análisis y la participación de los interesados (Porter, *et al.*, 2004, pág. 288).

Sobre las técnicas y sus aplicaciones, se ha discutido en la literatura académica distintas aproximaciones de cómo deben ser seleccionados. En México, Lara-Rosano (1990) clasifica a las técnicas de planeación prospectiva en: técnicas subjetivas, técnicas de proyección y técnicas de modelado. Por otro lado, Heger y Rohrbeck (2011) hacen un recuento de la integración y la utilidad de la combinación de técnicas de la prospectiva en diferentes ejercicios en distintos años. De acuerdo con Heger y Rohrbeck (2011), Armstrong en 1986 propuso la selección de técnicas de prospectiva basadas en sus ventajas y desventaja al aplicarlas de manera individual y en conjunto. En 1983, Ulrich argumentaba que la selección de técnicas se debería basar en los aspectos objetivos, la interpretación y las perspectivas. En 1988, Flores y White proponen la combinación de las técnicas de pronósticos en dos direcciones: basada en el tipo de pronóstico que determina qué tipo de técnica incluir (cualitativa, cuantitativa o ambas) y en la selección de las técnicas que se van a combinar, dependiendo si la combinación se hará de manera sistemática o intuitiva. Heger y Rohrbeck (2011) señalan los trabajos de Clemen en 1989, Linstone en 1984, los de Metcalfe con Morrison en 1996 y con Mackay en 2002, para exponer que la combinación de técnicas y su uso desde diferentes perspectivas han mostrado tener gran utilidad en los resultados de los ejercicios.

Aunque el futuro es impredecible, algunos desarrollos se pueden prever y se pueden considerar para esta tarea, técnicas o herramientas alternativas. Técnicas comunes de la prospectiva tecnológica incluyen el análisis del ambiente, modelos, escenarios, Delphi, extrapolación, pronósticos probabilísticos y la medición tecnológica (Paananen y Mäkinen, 2013). La Comisión Europea afirma que las técnicas pueden ser clasificadas de distintas maneras, entre ellas cuantitativa frente a cualitativa, exploratoria frente a normativa, predictiva frente a abierta y técnicas basadas en creatividad frente a las basadas en evidencias (European Commission, 2015).

⁷ Este grupo lo integran: Alan L. Porter (EEUU), W. Bradford Ashton (EEUU), Guenter Clar (CE y Alemania), Joseph F. Coates (EEUU), Kerstin Cuhls (Alemania), Scott W. Cunningham (EEUU y Holanda), Ken Ducatel (CE, España y Reino Unido), Patrick van der Duin (Holanda), Luke Georgehiou (Reino Unido), Theodore Gordon (EEUU), Harold Linstone (EEUU), Vincent Marchau (Holanda), Gilda Massari (Brasil), Ian Miles (Reino Unido), Mary Mogee (EEUU), Ahti Salo (Finlandia), Fabiana Scapolo (CE, España e Italia), Ruud Smits (Holanda) y Wil Thissen (Holanda).

En 2010, Godet escribió:

Muchas herramientas han ayudado a la prospectiva estratégica. Estas incluyen análisis estructural para definir las cuestiones clave que tienen que ver con el futuro; análisis de juegos para identificar la influencia que ejercen las partes interesadas, el establecimiento de relaciones entre ellos, así como los intereses involucrados; análisis morfológico para considerar todas las posibilidades y construir escenarios; análisis experto (por ejemplo, Delphi, el ábaco de Reigner o análisis de impacto cruzado) para asignar posibilidades y reducir la incertidumbre y análisis multicriterio para identificar y evaluar las opciones estratégicas (Godet, 2010).

Las técnicas exploratorias tienen como punto de partida el presente y observan hacia dónde nos llevan los eventos y las tendencias. Tendencias, impacto, análisis de impacto cruzado y Delphi son algunas de las técnicas que se identifican como exploratorias. Los pronósticos se identifican como básicamente exploratorios (European Commision, 2015).

Por otro lado, las técnicas normativas a diferencia de las exploratorias inician en el posible futuro -generalmente el deseado- o conjunto de futuros de interés. Se trabaja hacia atrás para ver si y cómo estos posibles futuros podrían o no desarrollarse desde el presente. Ejemplos de este tipo de técnicas son el análisis morfológico y los árboles de relevancia (European Commision, 2015).

Raphael Popper (2014) investigador asociado del Instituto de Investigación para la Innovación de la Universidad de Manchester, presenta las técnicas que apoyan a los ejercicios de prospectiva. El marco que presenta se centra en tres tipos de técnicas: las cualitativas, las cuantitativas y las semicuantitativas.

Sobre las técnicas cualitativas Popper escribe que se trata de técnicas que ayudan a proporcionar significado a los acontecimientos y percepciones.

Tales interpretaciones tienden a basarse en la subjetividad o la creatividad que a menudo es difícil de corroborar (por ejemplo, las opiniones, las sesiones de lluvia de ideas, entrevistas) (Popper R. , 2014).

Entre las técnicas cualitativas Popper señala: lluvia de ideas, paneles ciudadanos, escenarios, paneles de expertos, entrevistas, revisión de la literatura, análisis morfológico, árboles de relevancia, juego de roles y FODA.

Sobre las técnicas cuantitativas, Popper afirma que son técnicas de medición de las variables y la aplicación de análisis estadístico. Este tipo de técnicas utilizan o generan datos confiables y válidos. De acuerdo con Popper, muchas de las técnicas que se utilizan en la prospectiva, tienen como fin proporcionar pruebas para el pensamiento de futuros o suministrar herramientas para los propios estudios como la extrapolación de tendencias. *Benchmarking*, bibliometría, indicadores y análisis de series, modelación, análisis de patentes, extrapolación de tendencias y análisis de impacto, son técnicas cuantitativas utilizadas en los estudios de prospectiva.

Las técnicas semicuantitativas que presenta Popper son: impacto cruzado y análisis estructuras, Delphi, tecnologías clave o críticas, análisis multicriterio, votación, escenarios cuantitativos, mapas de desarrollo, análisis de los *stakeholders*. En este tipo de técnicas se

aplican los principios matemáticos para cuantificar la subjetividad, los juicios racionales y los puntos de vista de los expertos.

Tabla 2-5 Técnicas de la prospectiva

Cualitativo	Cuantitativo	Semicuantitativo
Técnicas que dan significado a eventos y percepciones. Estas interpretaciones tienden a basarse en la subjetividad o creatividad que suele ser difícil corroborar (opiniones, lluvias de ideas, entrevistas)	Técnicas que miden variables y aplican análisis estadísticos, usan o generan (deseablemente) datos confiables y válidos (por ejemplo, indicadores socioeconómicos)	Técnicas que aplican principios matemáticos para cuantificar la subjetividad, los juicios racionales y los puntos de vista de expertos y analistas (ponderación de opiniones o probabilidades)
1. Análisis del entorno o vigilancia (<i>scanning</i>) 2. Análisis FODA 3. Análisis morfológico 4. Árboles de relevancia/tablas lógicas 5. Cartas Salvajes (<i>wild cards</i>) y Señales débiles (<i>weak signals</i>) 6. Congresos/talleres 7. Ejercicios de ciencia ficción 8. Encuestas 9. Entrevistas 10. Escenarios/talleres de escenarios 11. Juego de roles/dramatización 12. Juegos de simulación 13. Lluvia de ideas 14. Paneles ciudadanos 15. Paneles de especialistas 16. Pronósticos geniales 17. Redacción de ensayos/escenarios 18. Revisión bibliográfica 19. Simulación retrospectiva (<i>backcasting</i>)	20. Análisis de patentes 21. <i>Benchmarking</i> o estudios comparativos 22. Bibliometría 23. Indicadores/análisis de series de tiempo (AST) 24. Extrapolación de tendencias/análisis de impactos 25. Modelación	26. Análisis estructural/Matrices de impactos cruzados (MICMAC) 27. Análisis multicriterio 28. Delphi 29. Escenarios cuantitativos/SMIC 30. Partes interesadas 31. Mapa de rutas 32. Sondeo/Votación 33. Tecnologías críticas/claves

(Popper, R. 2011)

Cameron et al (1996) clasificaron las técnicas de la prospectiva de acuerdo con la fuente de conocimiento. Introdujeron una estructura triangular para organizar diez técnicas en torno a tres características principales de la prospectiva: creatividad, *expertise* e interacción. Esta estructura la retoma Popper e introduce el Diamante de la Prospectiva. Este diamante contempla técnicas basadas en evidencias y ofrece, de acuerdo con Popper, un retrato más completo de las técnicas empleadas en las prácticas francesas y latinoamericana.

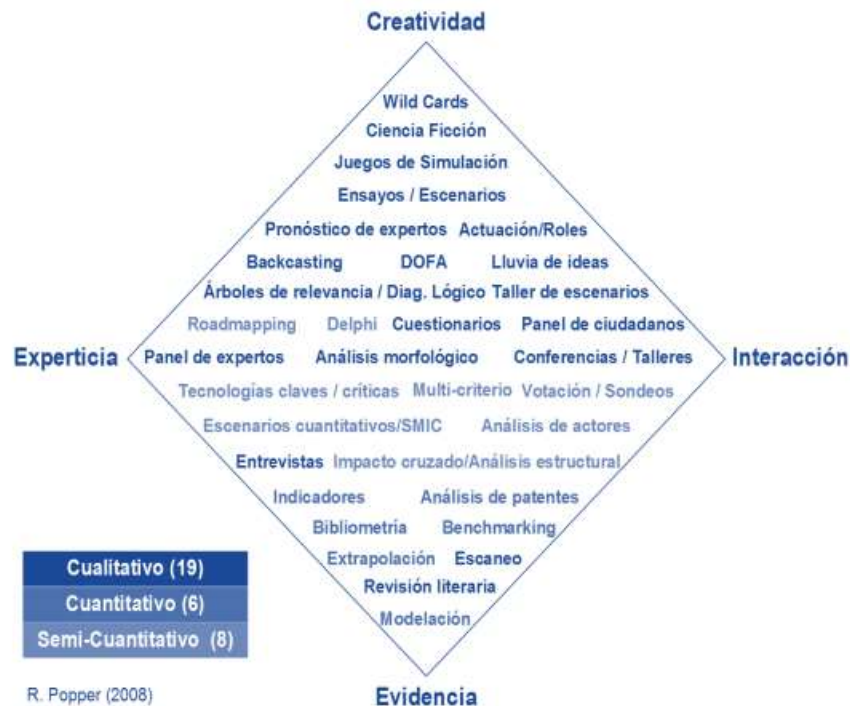
El Diamante de la Prospectiva es un marco práctico para ubicar los 33 métodos considerados en el presente capítulo, en términos del tipo básico

de fuente de conocimiento del que se alimenta cada método. El Diamante utiliza tres tipografías para identificar el tipo de técnica: cualitativa (redondas), semicuantitativa (negritas) y cuantitativa (cursivas). Podría decirse que un proceso exhaustivo de prospectiva debería usar al menos un método de cada tipo. La disposición exacta de los métodos depende, hasta cierto punto, de modalidades de uso específicas (Popper, 2011, pág. 119).⁸

Las técnicas basadas en la creatividad requieren, según Popper (2011), de una mezcla de pensamiento original e imaginativo. Estas técnicas dependen de: la inventiva y el ingenio o de la inspiración que surge de grupos de personas en sesiones de lluvias de ideas o *wild cards*.

Las técnicas basadas en el *expertise* se fundamentan en el talento y los conocimientos de especialistas en uno o más de los temas o disciplinas. Las técnicas clasificadas en este grupo suelen emplearse para apuntalar decisiones jerárquicas, brindar asesoría y hacer recomendaciones (Popper, 2011).

Figura 2-2 Diamante de las técnicas de los estudios del futuro



(Popper (2008) en (SENA, 2017))

Para Popper (2011) las técnicas que se basan en la interacción forman parte de la prospectiva ya que la *expertise* suele enriquecerse gracias al intercambio y trabajo conjunto con otros especialistas. Por otro lado, las actividades de prospectiva tienen lugar en

⁸ Se observa que, en la literatura del campo de estudio se utiliza los términos métodos, herramientas y técnicas sin distinción. En esta investigación las técnicas son aquellas que se utilizan para hacer observaciones, recabar información, procesar datos. Los métodos son más generales y se refieren al comportamiento e instrumentos seleccionados (Kothari, 2008)

sociedades donde los ideales democráticos han sido muy difundidos y la legitimidad implica ejercicios “desde la base”, participativos e incluyentes.

Finalmente, las técnicas fundamentadas en evidencias buscan explicar o pronosticar un fenómeno concreto con el apoyo de documentación y medios confiables de análisis. Estas actividades, indica Popper (2011), son útiles para entender el estado actual del tema de investigación.

Se trata de herramientas fundamentales para evaluar tecnologías e impactos, y para actividades de análisis del entorno (Porter et al., 1980). Además, estos métodos sirven para estimular la creatividad (a veces al desafiar lo que se considera como sabiduría establecida). Al tiempo que enriquece los talleres, la información basada en evidencias es muy útil para alentar la interacción y obtener retroalimentación de los participantes (Popper, 2011, pág. 122).

Jaso (2011) escribe que son dos las técnicas que se emplean principalmente en América Latina, de acuerdo con el estudio realizado por la Universidad de Manchester: el panel de expertos y la revisión de la literatura. Los estudios de prospectiva en la región utilizaron en segundo lugar la lluvia de ideas y el escaneo al ambiente; mientras que los cuestionarios/encuestas quedaron en tercer lugar. En cuarto lugar, están las entrevistas y el análisis FODA y en quinto lugar el análisis de escenarios y el análisis estructural.

2.1.3.2 Ejercicios de Prospectiva

En este apartado se presenta un recuento de algunos de los ejercicios de prospectiva que se han recuperado de la revisión de la literatura.

Los ejercicios de prospectiva tienen diversas acepciones de acuerdo con el ámbito u objetivo de estos. Las características que tienen estos ejercicios en la literatura se han identificado como las 5 C: comunicación, concentración, coordinación, consenso y compromiso. Rodríguez Cortezo (2000) describe a éstas 5 Cs como los mecanismos de la prospectiva que ponen en juego:

Se ponen en comunicación grupos diferentes colectivos (distintos campos científicos y tecnológicos, industriales, administración pública...) que trabajan juntos a lo largo del ejercicio intercambiando información y opiniones en una forma sistemática.

Se obliga a la población selecta a concentrarse en el largo plazo, lo que no es fácil en la vida profesional habitual, siempre sometida a la feroz presión de lo inmediato.

Se sientan las bases para una coordinación de las actividades científicas tecnológicas futuras de los distintos grupos.

Se consigue un consenso sobre las tendencias futuras y las prioridades de la investigación y desarrollo.

Se llega a un compromiso de los participantes con los resultados conseguidos (Rodríguez Cortezo, 2000, pág. 96).

2.1.3.2.1 En el Mundo

La prospectiva puede tener diferentes significados derivado de los objetivos que persigue cada ejercicio (Porter A. , 2010). Un importante esfuerzo para conocer los ejercicios de prospectiva que se han realizado en el mundo fue el que hizo la Comisión Europea (CE) a través del *European Foresight Monitoring Network* (EFMN), a principios del milenio.

En 2007 el EFMN publicó los resultados del estudio que abarcó 1650 ejercicios de prospectiva realizados entre 1997 y 2004. El estudio muestra a Europa como la región en donde se realizaron la mayor cantidad de este tipo de ejercicios (76.3% del total), Estados Unidos de América y Canadá representan el 11% del total de ejercicios, Asia 6.4%, Oceanía 2.6%, mientras que América Latina y África representan el 1.8% y 1.5% respectivamente (Popper *et al.*, 2007).

En América Latina se identificaron 31 ejercicios de prospectiva de los cuales 10 se realizaron en Brasil, 8 en Perú, 7 en Venezuela, 3 en Colombia, 2 en Chile y 1 en Ecuador. Jaso (2011) informa que a pesar de que en estas cifras no se encuentra a México, por la metodología con la que se recolectó la información, en México hubo en este tiempo un ejercicio de prospectiva. En 2002 la Asociación Mexicana de Directivos de Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico, A.C. (ADIAT) promovió ante el CONACYT la necesidad de realizar un estudio de prospectiva en México el cuál se materializó en el documento titulado: *Prospectiva Tecnológica Industrial de México 2002-2015*.

Derivado del estudio se observa que la mayoría de los ejercicios de prospectiva tuvieron horizontes de tiempo de entre 10 y 20 años. Los ejercicios realizados en Europa, Estados Unidos de América, Canadá y Asia contemplaron 30, 50 y 100 años en su horizonte.

El estudio arrojó los principales objetivos de los ejercicios de prospectiva en donde destacan:

- Orientar la formulación de políticas y la toma de decisiones (33 de recurrencia),
- Promover la cooperación en ciencia, tecnología e innovación y las redes (recurrencia de 29),
- Apoyar la estrategia en ciencia, tecnología e innovación y el establecimiento de prioridades (30 de recurrencia).

Para Jaso (2011) esta triada:

...alude al rol que pueden jugar estos ejercicios como cohesionadores, coordinadores y orientadores de los esfuerzos nacionales en ciencia, tecnología e innovación, lo cual indica su importancia como elemento que contribuye a la gobernanza de los sistemas de CTI (ciencia, tecnología e innovación) nacionales (Jaso, 2011, pág.6).

A continuación, se presenta una cronología de actividades de prospectiva desde la década de 1970 hasta los primeros años de la década de 2000. Esta lista no es exhaustiva y se basada en la que presentan Miles et al (2011), en donde se observa un importante uso de la prospectiva, a nivel nacional, a partir de la década de 1990:

Tabla 2-6 Ejercicios de prospectiva

Año	País/organización	Ejercicio/Programa
Desde 1971	Japón	Encuestas STA 1 a 4
1991	Japón	Encuesta STA 5
	Estados Unidos	Tecnologías Críticas
1992	Nueva Zelanda	Public Good Science Fund
	Alemania	BMFT, T 21
1993	Corea del Sur	Ejercicio de Prospectiva
	Alemania	Delphi 93
1994	Reino Unido	Primer Programa Nacional de Prospectiva Tecnológica (PNPT)
	Francia	Delphi Tecnológico
1995	Francia	100 tecnologías clave
	UNEP	Global Environment Outlook 1-5
1996	Japón-Alemania	Mini Delphi
	Italia	Primera Prospectiva Industrial Italiana
	Austria	Delphi Austria
	Japón	Encuesta STA 6
	Australia	Matching S&T to futures needs
1997	España	ANEP
	Hungría	Programa Nacional de Prospectiva Tecnológica (PT)
	Países Bajos	Technology Radar
	Finlandia	Prospectiva SITRA
1998	Sudáfrica	Ejercicio de prospectiva
	Alemania	Delphi 1998
	Irlanda	Prospectiva tecnológica en Irlanda
	Nueva Zelanda	Ejercicio de prospectiva
1999	Reino Unido	Segundo PNPT
	Suecia	Primera prospectiva sueca
	España	Prospectiva Tecnológica OPTI
	Corea del Sur	Delphi de tecnología coreana
	Tailandia	Prospectiva TIC
	China	Prospectiva tecnológica de industrias prioritarias
2000	Alemania	FUTUR
	Francia	Segundo 100 tecnologías clave
	Portugal	Portugal Industrial Association
	Italia	Segunda Prospectiva Industrial Italiana
	Japón	Encuesta STA 7
	Brasil	Prospectar
	Brasil	PNPT Brasil (ONUDI/MDIC)
2001	República Checa	PNPT
	Malta	Foresight Embedding in Malta
	Estonia	Biotechnology Foresight in Estonia
	Venezuela	PNPT Venezuela primer ciclo
	Chile	PNPT Chile
2002	Reino Unido	Tercer PNPT
	Turquía	PNPT Turquía. Visión 2023
	Bulgaria - Rumania	ForeTech Project

Año	País/organización	Ejercicio/Programa
	Chipre	eForsee
	Dinamarca	PNPT Dinamarca
	Estados Unidos	Mapa de ruta
	Colombia	PNPT Colombia primer ciclo
	India	Vision 2020
2003	China	PT hacia el año 2020
	Grecia	PT Grecia
	Noruega	Estudios del Consejo de investigación 2020
	Suecia	Segundo PT
2004	Japón	Octavo PT
	Corea del Sur	Corea 2030
	Ucrania	Programa PT
	Francia	FuturRIS
	Francia	AGORA
	Venezuela	PNPT Segundo ciclo
	Rusia	Tecnologías clave
2005	Dinamarca	Technology foresight on Danish nanoscience and nanotechnology
	Finlandia	Finnsight
	Rumania	Prospectiva de ciencia y tecnología
	Luxemburgo	Prospectiva FNR
	Estados Unidos	Retos del siglo XXI
	Colombia	PNPT Segundo Ciclo
	Brasil	Brasil 3 momentos
UNAIDS	AIDS in Africa: Three scenarios to 2025	
2006	Finlandia	Prospectiva SITRA
	Polonia	Polonia 2020
2007	Alemania	Zukünfte und visionen Wald 2100
	Canadá	Sustainable Forest Management Network – Forest Futures
	UNEP	Global Environment Outlook 4
	Bulgaria, Croacia, República Checa, Hungría, Rumania Eslovaquia	FUTUREFOOD6
	SCAR Foresight Group	Towards Future Challenges of Agricultural Research in Europe: key messages for research and priority settings
2008	Estados Unidos	Southern Forest Futures Project
	OCDE	Environmental Outlook to 2030
	Irlanda	TOWARDS 2030: Teagasc's Role in Transforming Ireland's AgriFood Sector and the Wider Bioeconomy
	WWF	The Energy Report – 100% Renewable Energy by 2050
	UNIDO	The future of the high plateau and central valleys of the Andes- Medicinal plants
2009	FAO	European Forest Sector Outlook Study II
	Suecia	Future Forest

Año	País/organización	Ejercicio/Programa
	UNEP	Green Economy Initiative
	SCAR Foresight Group	New Challenges for Agricultural Research: climate change, food security, rural development, agricultural knowledge systems
2010	Estados Unidos	WRI Southern Forest Futures Project
	Congo	Congo Basin 2010-2020
	Comisión Europea	Situation and prospects for EU agricultural and rural areas
	Francia	Mediterranean Foresight Analysis
	UNEP	Global Biodiversity Outlook 3
	IEA	World Energy Outlook
	IPTS	Digital Europe 2030
2011	Greenpeace	Solar Generation 6- Solar Voltaic Electricity Empowering the World
	Vietnam	Policy Advice to Science, Technology and Innovation Strategy (STI) 2011-2020 and High Technology Law Implementation
	SCAR Foresight Group	Sustainable Food consumption and production in a resource-constrained world
	Francia	LACCAVE
2013	INRS	Use of physical assistance robots by the year 2030
	EPF	Austrian Materials Foresight
	EFARO	Food from the ocean; towards a research agenda for sustainable use of our oceans' natural resources
2014	INRS	Development of nanomaterials by 2030 and their consequences on occupational safety and health in small enterprises in France
2015	SCAR Foresight Group	Sustainable Agriculture, Forestry and Fisheries in the Bioeconomy. A challenge for Europe
	INRS	Modes and methods of production in France in 20140
2016	INRS	Platformisation 2027. Consequences on occupational safety health
2017	Shell	Shell energy scenarios Germany
	INRS	A circular economy in 2040. What impact on occupational safety and health? What prevention?
	Francia	Dordogne 2050
2018	Shell	Sky. Meeting the Goals of the Paris Agreement
	Holanda	Public Health Foresight study 2018

Elaboración a partir de la revisión de la literatura

De la tabla anterior se observa que es en Europa y Asia en donde se realizan con mayor frecuencia ejercicios de prospectiva, los ejercicios tienen un carácter nacional. Los países de América Latina comienzan a figurar en la década de los años 2000, siendo Brasil el país que aparece con más menciones en la lista. En cuanto a los métodos utilizados se observa

que es el método Delphi, el que se utilizó con mayor frecuencia, ya sea sólo o acompañado por otros. Los escenarios y los paneles de expertos siguen al Delphi en uso.

Dos ejemplos de organismos internacionales que promueven los ejercicios prospectivos son el Foro de Cooperación Asia Pacífico (APEC por sus siglas en inglés) y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI). En 1998, la APEC creó el Centro de Prospectiva Tecnológica con el objetivo de desarrollar y difundir la capacidad de previsión y las principales herramientas de planeación para preparar a las economías de sus miembros hacia los cambios y los principales retos que demanda la sociedad a través de proyectos de prospectiva nacional, regional u organizacional. Además, busca que se conozca el estado del arte de la prospectiva y apoyar la planeación nacional y regional (APEC, 2015). Por otro lado, en 2002 la ONUUDI, lanzó el programa regional de prospectiva tecnológica para América Latina y el Caribe con el objetivo de promover, estimular y apoyar los ejercicios de prospectiva tecnológica en la región. Se apoyan dos tipos de ejercicios: aquellos que involucren a más de un país de la región y los que analizan las cadenas productivas. En la actualidad hay dos proyectos que trabajan con este esquema: *Future of Andean Products* (Bolivia, Ecuador y Perú) y *Fishery Industry in South America* (Chile, Colombia, Ecuador y Perú) (ONUUDI, 2016).

2.1.3.2.1.1 En América Latina

De la revisión de la literatura, se observa que, en América Latina, así como en Europa, la prospectiva incursionó como apoyo para la formulación de políticas públicas. Popper y Medina (2010) indican que, con el cambio del milenio, las economías emergentes de la región iniciaron procesos de formulación de políticas públicas con enfoques de participaciones colectivas y contextualizadas con tres fines principales:

- a) *identificar y promover los sectores productivos y estratégicos, b) apoyar el “desarrollo endógeno”, y los programas de creación y fortalecimiento de capacidades, y c) promover la transformación industrial/social mediante la transferencia de tecnología/políticas, la innovación tecnológica/organizacional y el aprendizaje mutuo* (Popper y Medina, 2011, pág. 343).

Tabla 2-7 Ejercicios sobre estudios del futuro en América Latina y el Caribe

País	América Latina y el Caribe: visiones nacionales del desarrollo a largo plazo
Argentina	Plan estratégico Industrial 2020
Bolivia	Bolivia: prospectiva económica y social 2000-2010 (PNUD, Cuaderno del Futuro 10, La Paz, 2000)
Brasil	Brasil 2022 (Secretaría de Asuntos Estratégicos de la Presidencia de la República)
Chile	Prospectiva Chile 2010. Construyendo el Chile económico del Futuro (Ministerio de Economía, Programa Nacional de Prospectiva Tecnológica, Santiago, 2002)
	Agenda Chile país desarrollado: más oportunidades y mejores empleos (Ministerio de Hacienda, Santiago de Chile)
Colombia	Visión Colombiana segundo centenario: 2019 (Resumen ejecutivo, departamento Nacional de Planeación de la Presidencia de la República, Bogotá, 2005)
Costa Rica	Costa Rica visión a largo plazo (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, San José, 2012)

País	América Latina y el Caribe: visiones nacionales del desarrollo a largo plazo
Ecuador	Ecuador: Estrategia Nacional 2010-2025
Guatemala	Plan Nacional de Unidad Nacional de la Esperanza 2032 (Gobierno de Guatemala, 2008)
	K'atun: nuestra Guatemala 2032.
Honduras	“Visión de país 2010-2038 Plan de Nación 2010-2022” (Presentación al Congreso, Tegucigalpa, 2010)
Jamaica	Visión 2030 Jamaica – National Development Plan (Visión Jamaica 2030, Plan Nacional de Desarrollo, Gobierno de Jamaica, Kingston, 2009)
México	Visión 2030: el México que queremos (Presidencia de la República, México D.F., 2006)
Paraguay	Paraguay 2015
Perú	Plan Bicentenario: El Perú hacia el 2021 (Centro Nacional de Planeamiento Estratégico, Gobierno del Perú, 2011)
República Dominicana	Estrategia Nacional de Desarrollo de la República Dominicana, 2010-2030 (Ministerio de Economía, Planeación y Desarrollo, Consejo Nacional de Reforma del Estado, Santo Domingo, 2012)
Uruguay	Diálogo política-social por Uruguay logístico 2030 (Ministerio de Transporte y Obras Públicas y Banco Interamericano de Desarrollo, Montevideo, 2011)
	Uruguay Estrategia Nacional de Desarrollo 2030

(Máttar & Cuervo, 2016)

En la región el grado de influencia internacional y transferencia de conocimientos prospectivos suele variar en función de siete factores: los fundamentos, los objetivos, el horizonte temporal, la metodología, el alcance territorial, las áreas de investigación y el esquema de financiamiento. Popper y Medina (2011) identifican tres factores como catalizadores de la internacionalización de la prospectiva latinoamericana desde 1970:

La creación de grandes centros, por ejemplo, el Grupo Bariloche (Herrera et Al., 1970) en la Argentina, La Fundación Javier Barros Sierra en México, el Centro de Estudios del Desarrollo (Cendes) en Venezuela, el Observatorio Cubano de Ciencia y Tecnología (OCCT) en Cuba, el Centro de Gestión y Estudios Estratégicos (CGEE) en Brasil y el recientemente inaugurado Instituto Nacional de Prospectiva, Innovación y Gestión del Conocimiento en Colombia.

El apoyo en organismos internacionales, sobre todo con conocimientos especializados, aportaciones financieras, apoyo político, difusión y actividades para la creación y el fortalecimiento de capacidades, sobre todo de la ONUDI, la CEPAL, el CAB, el CAF y la Unión Europea.

El surgimiento de proyectos de investigación y ejercicios de mapeo de la prospectiva (mapping foresight) a partir de la colaboración con organismos internacionales, entidades gubernamentales y redes de investigación y movilidad, incluidas redes de instituciones de educación superior como

*Cyted, Quo Vadis y la eurolatina SELF-RULE*⁹, entre otras (Popper y Medina, 2011, pág. 345).

La prospectiva latinoamericana puede describirse a partir de las formas organizacionales. Estas formas varían de acuerdo con el alcance y la estructura de las organizaciones. Se identifican cuatro formas organizacionales predominantes: programas nacionales e internacionales de prospectiva, proyectos y ejercicios únicos (de duración limitada), centros y grupos organizacionales, así como redes nacionales e internacionales que incluyen especialistas de diferentes países y fortalecen las capacidades de prospectiva (Popper y Medina, 2011).

2.1.4 Los retos actuales de los estudios prospectivos

Un problema es la existencia de un conflicto entre lo deseado y la situación actual, entre lo deseable y lo real. Cuando un conflicto es percibido, el hombre tiene una motivación a actuar y lo puede hacer disminuyendo el conflicto, modificando la realidad o sus deseos. La solución a un problema se puede dar de dos maneras: resolviendo el problema, lo cual implica cambiar lo real a través de acciones que hagan converger lo real hacia lo deseable y mediante la disolución del problema que implica ejecutar acciones para cambiar la realidad (Lara-Rosano, 1998).

En el siguiente apartado se revisa la problemática de los estudios del futuro y las oportunidades de investigación, identificadas en la revisión de la literatura.

2.1.5 La problemática del campo de estudio

El campo de estudio de los estudios sobre el futuro, siguen en desarrollo y aún se discuten en la literatura las bases teóricas. En esta sección se abordarán los tres grandes campos que se han reconocido en los que se está trabajando en los estudios sobre el futuro.

Se reconoce de la revisión de la literatura, que son los estudios sobre el futuro el nombre del paraguas que abarca este campo de estudio. Los estudios sobre el futuro, presenta distintas problemáticas, que nacen de distintas perspectivas. Se habla de un grupo de practicantes¹⁰ que hacen prospectiva sin tomar en cuenta la teoría del campo de estudio y aquellos que se han dedicado a estudiar y desarrollar la teoría del campo (Hideg, 2007; Andersen y Rasmussen, 2014).

De la revisión de la literatura se identificaron tres áreas –todas en desarrollo– en los estudios sobre el futuro: la teoría, la práctica y las técnicas. En esta investigación se reconoce a las técnicas como la confluencia que existe entre la teoría y la práctica.

En la literatura se habla de la brecha¹¹ existente entre la práctica y la teoría en donde los autores del campo de estudio afirman que los practicantes realizan ejercicios de prospectiva sin tener en cuenta a la teoría, lo que ha impedido que el campo de estudio se desarrolle de manera coherente (Hideg, 2007; Barré y Keenan, 2008; Andersen y Rasmussen, 2014; Rohrbeck, *et al.*, 2015). Se afirma que los practicantes y los teóricos de los estudios sobre

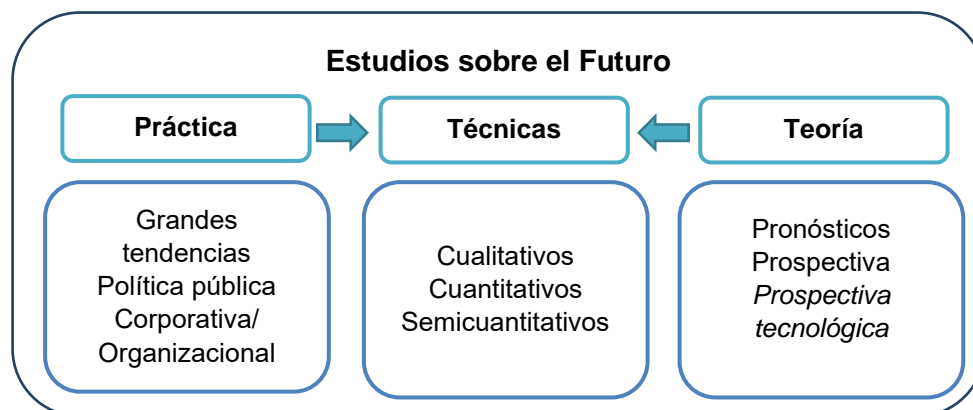
⁹ Red académica fundada por el Programa ALFA de la Comisión Europea y varias universidades latinoamericanas.

¹⁰ La RAE define practicante como: adjetivo. Que practica.

¹¹ La RAE define brecha como: Rotura o abertura irregular. En este caso lo uso para hablar de esa distancia entre la práctica y la teoría, las cuales, de acuerdo con la literatura, están avanzando de manera separada.

el futuro, aún ahora están trabajando de manera aislada, y más aún sin tomar en cuenta el trabajo realizado por las otras personas trabajando en el campo de estudio (Son, 2015; Ferngani, 2019). Esta falta de vínculo entre la práctica y la teoría daría lugar a ejercicios de prospectiva sin sustento metodológico. También en la literatura, se describe a la práctica de la prospectiva como descriptiva o normativa (Georghiou *et al.*, 2008; Popper, 2008; Andersen y Rasmussen, 2014; Son, 2015).

Figura 2-3 Áreas de los estudios sobre el futuro



Elaboración a partir de la revisión de la literatura

Producto de un análisis bibliométrico¹², se identificaron dos grandes temas: los propósitos y las técnicas. Este análisis bibliométrico permitió identificar los temas que son de interés para el campo de los estudios sobre el futuro, como los de tipo ambiental y de política pública, con un número importante de artículos. Artículos académicos que tratan de los escenarios o el Delphi son los más frecuentes. Finalmente, se encontraron publicaciones con nuevos enfoques como la dinámica de sistemas o los sistemas complejos para tratar el futuro (Linstone, 1999; Hideg, 2007; Inayatullah, 2008; Sadar, 2010; Vecchiato, 2012; Cook, *et al.*, 2014; Schultz, 2016).

Rohrbeck y Gemünden (2010) se cuestionan sobre la dirección que deben tomar las investigaciones en el campo de los estudios sobre el futuro. Rohrbeck y Gemünden (2010) llegan a diferentes conclusiones. Desde la más general, en donde se habla de la “alfabetización” sobre temas de prospectiva y el desarrollo de la teoría; hasta las más particulares en donde se pide evidencia de ejercicios de prospectiva en países, organizaciones y condiciones diferentes a las reportadas hasta el momento.

Gordon *et al.* (2005) hablan sobre la frontera en la investigación de los estudios sobre el futuro y lo que está por venir para el campo de estudio. Aceptan que las técnicas de la prospectiva se han desarrollado internamente de manera coherente y se utilizan de forma sistemática. Sin embargo, ello no asegura que la evolución de estas técnicas lleve al

¹² De acuerdo con Popper es una técnica basada en el análisis cuantitativo y estadístico de las publicaciones. Puede implicar simplemente el seguimiento del número de publicaciones nuevas en un área, quizás concentrándose en lo producido en diferentes países y distintos campos y su evolución a lo largo del tiempo. Los análisis de impacto examinan citas para evaluar, por ejemplo, los trabajos más influyentes en áreas específicas.

A partir de los análisis bibliométricos, se han hecho inferencias e identificado patrones que se presentan en esta investigación.

desarrollo de las bases teóricas que demanda el campo de estudio. También aseguran que para bien o para mal a los estudios sobre el futuro, le falta la consistencia o la coherencia que tiene otros campos de conocimiento.

Figura 2-4 Perspectivas del campo de estudio

Temas	Técnicas	Propósito
<ul style="list-style-type: none"> • Ambiental • Innovación • Globalización • Tecnología • Política 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de patentes • Análisis bibliométrico • DEA • Delphi • Escenarios 	<ul style="list-style-type: none"> • Mapas de ruta tecnológica • Tecnologías emergentes • Planeación tecnológica • Política de innovación

Elaboración a partir de la revisión de la literatura y del análisis bibliométrico

Otros autores del campo de estudio discuten sobre la necesidad de nuevas técnicas y al mismo tiempo identificar la forma idónea para seleccionar las adecuadas de acuerdo con el tipo de organización y las condiciones de esta (Scapolo, 2005; Öner y Göl, 2007; Popper, 2008; Rohrbeck y Gemünden, 2010; Vecchiato, 2012; Gordon *et al.*, 2020).

Más aún, Gordon *et al.*, (2005) expresan que con el aumento de datos y fuentes de dónde obtenerlos, será necesario el desarrollo y la adaptación de las técnicas actuales. Lo cual deberá hacer posible un mejor manejo de los datos para su estudio y la obtención de evidencia más útil. Así indican, que se requiere la exploración y/o la reexaminación para conocer (Gordon, *et al.*, 2005, pág. 1064):

- *El potencial para integrar nuevas tecnologías con métodos de investigación de futuros.*
- *Formas de reducir el dominio de lo desconocido.*
- *Formas de dar cuenta de la incertidumbre de lo desconocido.*
- *Estrategias para la planeación y gestión de sistemas no lineales operando en regímenes caóticos.*
- *Formas de mejorar el entendimiento de los factores psicológicos que conducen a decisiones irracionales.*
- *Nivel apropiado de agregación de la investigación de problemas de predicción.*
- *El potencial que ofrecen las nuevas fuentes de datos sociales.*

Por su parte, Andersen y Rasmussen (2014) afirman que un proceso de prospectiva se organiza e implementa de diferentes formas, dependiendo del contexto y del objetivo buscado. Sobre la aplicación de la prospectiva, afirman que en la literatura:

Se hacen varias propuestas para organizar procesos de prospectiva (por ejemplo, Popper, 2008b; Hines y Bishop, 2006; Jorgensen et al., 2002); por lo tanto, no se encuentra una descripción generalmente válida de la

organización de los procesos de prospectiva en la práctica (Andersen y Rasmussen, 2014, pág. 9).

En la práctica, además de evidencias en nuevos contextos, los autores del campo de estudio están interesados en la participación que involucra un proceso de prospectiva. La prospectiva es un proceso que ya se identifica como multidisciplinario. En este tema se expresa la necesidad por desarrollar mecanismos que permitan una mayor participación de los interesados. Identificar la manera de involucrar a aquellos actores que puedan contribuir a impulsar los procesos de prospectiva y que faciliten la implementación de los resultados. En este sentido, también es necesario identificar a los actores que se deben involucrar en el proceso para incrementar el impacto de las actividades de la prospectiva (Van der Helm, 2007; Rohrbeck y Gemünden, 2010; Elena-Pérez, *et al.*, 2011).

Tabla 2-8 Problemáticas identificadas para el campo de estudio

Problemática identificada	Autores
Campo de conocimiento en formación	Linstone (1999) Gordon <i>et al.</i> (2005) Rohrbeck y Gemünden (2010)
Brecha entre la teoría y la práctica	Hideg (2007) Barré y Keenan (2008) Andersen y Rasmussen (2014) Rohrbeck <i>et al.</i> (2015) Son (2015)
Falta de experiencias en áreas de conocimiento y contextos diferentes	Hideg (2007) Rohrbeck y Gemünden (2010) Elena-Pérez <i>et al.</i> (2011) Vecchiato (2012) Andersen y Rasmussen (2014)
Disminuir a incertidumbre	Vecchiato (2012)
Apoyo a la toma de decisiones	Vecchiato (2012) Gordon <i>et al.</i> (2020)
Desarrollo de nuevas herramientas y adaptación de las existentes	Gordon <i>et al.</i> (2005) Scapolo (2005) Öner y Göl (2007) Popper (2008) Rohrbeck y Gemünden, (2010) Vecchiato (2012) Gordon <i>et al.</i> , (2020)
Dilemas de un proceso participativo	Van del Helm, (2007) Rohrbeck y Gemünden, (2010) Elena-Pérez <i>et al.</i> (2011)
Evaluación de resultados	Van del Helm (2007) Rohrbeck y Gemünden, (2010)

Elaboración a partir de la revisión de la literatura

Además, se plantea la necesidad de tener evidencia de ejercicios de prospectiva en diferentes tipos de organizaciones y nuevos campos de conocimiento (Voros, 2003; Hideg,

2007). Por su parte Vecchiato (2012) habla sobre la necesidad de identificar cómo deben ser integrados los resultados de la prospectiva en la toma de decisiones dentro de las organizaciones.

El uso de la prospectiva en las organizaciones es un área en crecimiento y que se encuentra separada del resto de las áreas de investigación detectadas en los estudios sobre el futuro. Fergnani (2019) apunta que esta área de investigación aún necesita tomar en cuenta las tradiciones, cultura, las visiones del mundo y los valores. Fergnani (2019) la identifica como el área de investigación más en boga en el campo de estudio de los estudios del futuro.

En cuanto al conocimiento y aprendizaje dentro de las organizaciones, quedan oportunidades de investigación por explorar. En la revisión de la literatura se observó la necesidad de conocer cuáles son los mecanismos en un proceso de prospectiva que permiten el aprendizaje. ¿En dónde y cómo tiene lugar el aprendizaje en un proceso de prospectiva? ¿Qué tipo de técnicas y enfoques de la prospectiva debería adoptar una organización (tomando en cuenta sus condiciones particulares y su ambiente) que busca generar conocimiento de un proceso de prospectiva? (Vecchiato, 2012).

La práctica de la prospectiva tecnológica se da en organizaciones de diferentes campos: aquellos de corte público y de interés nacional, organizaciones dentro de los sistemas de innovación, empresas, por mencionar algunas. La práctica de la prospectiva tecnológica en cada organización tiene una problemática particular.

En América Latina, la CEPAL caracteriza a los estudios sobre el futuro como en proceso de consolidación. La identifica como un área que da poca importancia a la efectividad metodológica. El organismo identifica áreas de oportunidad para el campo de estudio en la región: necesidad de procesos más específicos, con mayor detalle y atención a las interrelaciones, a los procesos y sus impactos. Así como procesos con un mayor rigor metodológico (Medina Vásquez y Ortegón, 2006; Medina, *et al.*, 2014).

Es precisamente en la línea de investigación de la práctica en nuevos contextos, en donde en un principio se observó una oportunidad para desarrollar la investigación. Tomando este marco preferencial, se buscó un marco situacional, poco reportando en la literatura y al cual se tiene acceso, es decir un Centro de Investigación y Desarrollo.

2.2 LA PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

El proceso de prospectiva tecnológica es el objeto de estudio de esta investigación, por este motivo a continuación se presentan definiciones específicas y posteriormente se presenta la problemática del contexto o marco situacional.

2.2.1 El desarrollo en los últimos años

En la mayoría de los países de la OCDE durante los años de 1980 y sobre todo en la década de 1990, surgió un gran interés en la prospectiva tecnológica nacional y su uso en el establecimiento de prioridades de las políticas públicas de investigación.

Los tomadores de decisiones se enfrentan más que nunca, con el desafío de identificar las tecnologías emergentes para los proyectos (que van desde investigación básica, desarrollo de productos hasta decisiones de compra) que les den un mayor potencial económico. En respuesta a estos desafíos, las labores de inteligencia competitiva (de la cual la inteligencia

tecnológica (IT) es parte) han surgido en los últimos años. No fue sino hasta 1986 que se formó la Sociedad de Profesionales de Inteligencia Competitiva y la revista asociada se inició en 1990 (Courseault, 2004).

Courseault (2004) retoma a Erich Jantsch (1967), quien recuerda que antes de 1960 los ejercicios de prospectiva tecnológica eran ejercicios meramente exploratorios. Jantsch escribió que todos los institutos y las empresas de consultoría que hacían prospectiva la hacían de acuerdo con sus intereses, ya sea para un trabajo de consultoría o para la planeación corporativa de su organización.

La prospectiva tecnológica, al igual que la prospectiva, también observa diferentes definiciones en distintos trabajos, siendo la de Martin (1995) la más utilizada en la literatura académica, aun cuando ya tiene más de 30 años:

El proceso detrás del intento sistémico de adentrarse en el futuro de largo plazo de la ciencia, la tecnología, la economía y la sociedad, con el objetivo de identificar las áreas de investigación estratégica y las tecnologías genéricas emergentes con probabilidades de producir un mayor beneficio económico y social (Miles, et al., 2008, pág. 42).

Una definición más reciente es la articulada por el investigador inglés Georghiou (1996) quien define a la prospectiva tecnológica como:

Un medio sistemático de evaluar los desarrollos científicos y tecnológicos que podrían tener un importante impacto en la competitividad industrial, la generación de riqueza y la calidad de vida (Miles, et al., 2008, pág. 43).

Estas definiciones señalan Miles et al (2011), tienen que ver con la época del comienzo del “despegue internacional de los programas de prospectiva tecnológica” y citan la explicación que ofrece sobre prospectiva el proyecto FOREN financiado por la Comunidad Europea (CE):

La prospectiva es un proceso sistemático y participativo de compilación de inteligencia y de construcción de visiones del futuro en el mediano a largo plazo, dirigido a las decisiones de hoy en día y a la movilización de acciones conjuntas (Miles, 2011, pág. 44).

Miles et al (2011) abundan:

La prospectiva implica la confluencia de agentes clave del cambio y fuentes de conocimiento, a fin de crear visiones estratégicas y desarrollar inteligencia de previsión (Miles, 2011, pág. 43).

De acuerdo con el Instituto para Estudios Prospectivos Tecnológicos, la prospectiva tecnológica analiza las condiciones y los potenciales del desarrollo tecnológico con un marco de trabajo concreto. La evaluación tecnológica apoya el proceso de toma de decisiones al generar alternativas específicas para un problema o tecnología planteando nuevos desarrollos. El pronóstico tecnológico, finalmente, tiene que ver con los impactos del desarrollo tecnológico en una escala amplia (Alcántara Concepción, 2014).

La prospectiva tecnológica, Kuhlmann et al. (1999) la definen como:

...un intento sistemático de mirar hacia el futuro de la ciencia, la tecnología, la economía y la sociedad a largo plazo, con el objetivo de identificar las áreas de investigación estratégica y el surgimiento de tecnologías genéricas que puedan producir los mayores beneficios económicos y sociales (Kuhlmann, et al., 1999, pág. 22).

Kuhlmann et al. (1999) reflexionan sobre la importancia que está teniendo la prospectiva científica y tecnológica para los gobiernos, las organizaciones de investigación y las empresas en:

...sus esfuerzos para hacer frente a la creciente complejidad de las nuevas tecnologías y entornos de decisión (Kuhlmann, et al., 1999, pág. 23).

En México, Jaso Sánchez (2011) cita a Medina y Sánchez (2008) quienes definen a la prospectiva tecnológica como:

...una disciplina para el análisis de sistemas sociales que permite conocer mejor la situación presente, identificar tendencias futuras y analizar el impacto del desarrollo científico y tecnológico en la sociedad, al mismo tiempo, los ejercicios movilizan a los diferentes actores sociales para generar visiones compartidas del futuro, orientar políticas a largo plazo y tomar decisiones estratégicas en el presente, dadas las condiciones y las posibilidades, locales, nacionales y globales (Jaso Sánchez, 2011, pág. 3).

Jaso Sánchez (2011) destaca de esta definición la importancia que le da a la participación de los actores y al logro de consensos. Reflexiona sobre el carácter participativo de la prospectiva tecnológica al citar nuevamente a Medina y Ortegón (2008) en donde estos autores denominan a la prospectiva tecnológica como:

...estructurada, interactiva y participativa, coordinada y sinérgica (Jaso Sánchez, 2011, pág. 4).

Jaso Sánchez (2011) entiende a la prospectiva tecnológica como un conjunto de metodologías que permiten a los gobiernos y a las organizaciones dirigir sus esfuerzos de desarrollo en el largo plazo. Advierte que la prospectiva tecnológica tiene un papel importante para identificar áreas clave para la competitividad. Al mismo tiempo observa que:

...se ha clarificado su rol (el de la prospectiva tecnológica) como proveedora de argumentos para el diseño de programas y selección de prioridades; así como para identificar tecnologías clave y concebir redes cuyo fortalecimiento es pertinente... (Jaso Sánchez, 2011, pág. 2).

Así, cuando se habla de prospectiva tecnológica, se habla de un proceso sistemático y participativo con un horizonte de tiempo de mediano a largo plazo cuyo fin es proveer de información relevante a los tomadores de decisiones e interesados para identificar los desarrollos científicos y tecnológicos que tendrán un mayor impacto en la sociedad.

Miles et al (2011) vinculan la prospectiva tecnológica con la toma de decisiones, sobre todo en organizaciones. Afirman que la prospectiva en las organizaciones –de cualquier naturaleza- es vital para la época contemporánea.

El objetivo de la prospectiva tecnológica de acuerdo con Irvine y Martin (1984) depende del interesado en el ejercicio de prospectiva (un grupo, institución, empresa, gobierno, etc.) y del alcance del mismo ejercicio (corporativo, regional, nacional, etc.). Sin embargo, Daim et al. (2009) identifican que los ejercicios de prospectiva buscan alentar mejores decisiones, facilitar el pensamiento futuro y prepararse para los cambios.

La prospectiva tecnológica tiene como propósito identificar y evaluar avances tecnológicos críticos para la posición competitiva de las empresas; de ese modo se detectan cambios y discontinuidades en las tecnologías actuales y nuevas tecnologías con potencial de impactar los productos y mercados. La prospectiva tecnológica se utiliza no sólo en el sector público, sino quizá aún más en el sector privado (EIRMA, 1999 en Alcántara Concepción, 2014)

Para la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) (2005) el objetivo de la prospectiva tecnológica es identificar las tecnologías genéricas emergentes que puedan producir los mayores beneficios económicos y sociales. El uso de la prospectiva tecnológica se extendió durante la década de 1990, sin embargo, desde 1970 Japón ha realizado ejercicios de prospectiva tecnológica y Francia desde la década de 1980.

Otras características de los procesos de prospectiva tecnológica son que están proyectados y referidos al largo plazo, además son ejercicios multidisciplinarios que adoptan una visión global. Los ejercicios de prospectiva deben tomar en cuenta las condiciones de la economía y la sociedad. Están dirigidos a la acción y a la definición de prioridades, enfocados en la prevención y en la anticipación. Los ejercicios buscan identificar varios futuros posibles, con la convicción que conocer las diversas posibilidades y los caminos hipotéticos permiten una mayor flexibilidad (Rodríguez Cortezo, 2001).

A las características anteriores se suman la comunicación entre los actores, la coordinación de las estrategias de los actores mediante la interacción, el consenso en cuanto a las visiones compartidas del futuro y el compromiso con los resultados del ejercicio (Miles, *et al.*, 2008).

En este apartado se introdujo el marco referencial de la investigación, es decir, la prospectiva tecnológica. En el siguiente apartado se presenta el Sistema de Innovación en México (marco situacional) y las oportunidades de investigación que presenta. Los ClyDT, parte del Sistema de Innovación, son el sujeto de investigación de este trabajo.

2.3 LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN MÉXICO

En México, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT) encabeza el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI). Entre sus atribuciones se encuentran la articulación con actores del SNCTI, otorgar apoyos institucionales para el fortalecimiento de sociedades científicas y académicas, así como la realización de seminarios y congresos de divulgación y acceso universal al conocimiento (CONACYT, 2020).

El programa institucional del CONACYT se basa en seis objetivos prioritarios, mismos que a su vez contribuyen y se alinean a los propósitos del Programa Especial de Ciencia

Tecnología e Innovación 2020-2024 (PECiTI), así como al Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 (PND) y sus principios rectores (DOF, 2020):

Objetivo prioritario 1. Fortalecer a las comunidades de CTI y de otros conocimientos, a través de su formación, consolidación y vinculación con diferentes sectores de la sociedad, con el fin de enfrentar los problemas prioritarios nacionales con un enfoque de inclusión para contribuir al bienestar social.

Objetivo prioritario 2. Articular un ecosistema de innovación que integre a los diferentes actores de desarrollo científico, tecnológico y de innovación del país para la atención de las prioridades nacionales, con estricto cuidado del ambiente, respetuosos de la riqueza biocultural y en favor de la sociedad.

Objetivo prioritario 3. Incrementar la incidencia del conocimiento humanístico, científico y tecnológico en la solución de problemas prioritarios del país, a través de los Programas Nacionales Estratégicos. Objetivo prioritario 4. Fortalecer y consolidar las capacidades de la comunidad científica del país, para generar conocimientos científicos de frontera con el potencial de incidir en el bienestar de la población y el cuidado del ambiente.

Objetivo prioritario 5. Articular y fortalecer las capacidades científicas, humanísticas y tecnológicas del país mediante la vinculación con actores regionales para incidir en los problemas nacionales estratégicos en favor del beneficio social, el cuidado ambiental, la riqueza biocultural y los bienes comunes.

Objetivo prioritario 6. Ampliar el impacto de las ciencias, las humanidades y las tecnologías, a través de la articulación, colaboración y definición de estándares entre IES, centros de investigación y dependencias de gobierno, mejorando con bases científicas las políticas públicas nacionales para el bienestar social.

Figura 2-5 Actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación



(CONACYT, 2014)

Estos actores y elementos son:

- La política de Estado de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI), la cual queda definida por el Consejo General de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación.
- El programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECiTI) además de programas sectoriales y regionales de ciencia, tecnología e innovación.
- Los principios orientadores e instrumentos legales, administrativos y económicos que apoyan a la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación.
- Las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal con actividades de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación. También las instituciones de los sectores sociales, privado y público mediante los procedimientos de concentración, coordinación, participación y vinculación conforme a la ley.
- La Red Nacional de Grupos y Centros de Investigación, así como las universidades e instituciones de educación superior (Embajada de Francia en México & CONACYT, 2018).

Actualmente para el despacho de los asuntos de su competencia, el CONACYT cuenta con tres órganos y cuatro unidades administrativas. Entre las unidades administrativas se encuentra la Dirección Adjunta de Desarrollo Tecnológico, Vinculación e Innovación. El artículo 23 del Estatuto Orgánico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología publicado en el DOF el 17 de febrero del 2020 establece las funciones de esta Dirección entre las que se encuentra:

XVI. Autorizar la realización de diagnósticos y estudios de prospectiva de desarrollo tecnológico e innovación nacionales e internacionales sobre los diferentes sectores del Modelo Pentahélice, colaborando con los comités intersectoriales y las Unidades Administrativas del Consejo que corresponda para implementar las acciones derivadas de los mismos, en cumplimiento de la ley (DOF, 2020).

La realización de ejercicios de prospectiva no es una función nueva del CONACYT, ya en el 2014 en una reforma publicada en el DOF a su Ley Orgánica aparecía como parte de las tareas a su cargo (DOF, 2014)

El CONACYT expone que la inversión destinada a la realización de proyectos de investigación científica y desarrollo experimental es conocida como Gasto de Investigación y Desarrollo Experimental (GIDE). Explica que la importancia del GIDE dentro de la economía de una nación recae en que su propósito es la creación de conocimiento básico y aplicado, éste último destinado a la generación de nuevos productos y procesos. Además, indica que sus fuentes de financiamiento son diversas: el sector empresarial, el gobierno, las Instituciones de Educación Superior (IES), instituciones privadas con fines de lucro y el sector externo (CONACYT, 2020).

La porción de GIDE/PIB da a conocer el grado de desarrollo de un país basándose en investigación científica y tecnológica. De acuerdo con el CONACYT los países desarrollados aportan entre 1.5% y 3.8% de su PIB al GIDE, mientras que para México este indicador ha tenido altibajos durante años, sin rebasar el 0.53%. En México, este porcentaje se alcanzó en 2014 de acuerdo con cifras de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y el Banco Mundial. Para el 2016, este porcentaje alcanzó el 0.50% de acuerdo con cifras del Banco Mundial (The World Bank, 2020).

Tabla 2-9 Porción del PIB en Gasto de Inversión Científica y Desarrollo Experimental en México

Año	GIDE/PIB %	Año	GIDE/PIB %
2010	0.53	2014	0.53
2011	0.51	2015	0.52
2012	0.49	2016	0.50
2013	0.50	2017	0.47

(The World Bank, 2020) (SE, 2020)

Por otro lado, datos de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana (RICYT) y la OCDE, indican que en México la contribución al GIDE de las empresas (ya sean públicas o privadas) en 2013 fue de 31.65%, el sector gubernamental aportó el 65.5% y el resto del financiamiento provino de instituciones de educación superior, organizaciones privadas sin fines de lucro y fuentes de financiamiento externos. Como se observa en los datos de la Tabla 2-10, la participación de las empresas y las IES en el financiamiento al GIDE ha venido disminuyendo en los últimos años.

Para el 2016, el nivel de financiamiento del GIDE público sigue siendo mayor que el privado. Aun así, en ese año el GIDE público disminuyó 7.54% con respecto al 2015, mientras que el GIDE privado disminuyó en 1.35% (CONACYT, 2017).

Tabla 2-10 Gasto de I+D por sector de financiamiento

Año	Contribución por sector al GIDE %				
	Gobierno	Empresas (públicas y privadas)	Educación Superior	Org. Priv. Sin fines de lucro	Extranjero
2005	49.18	41.51	7.29	0.93	1.08
2006	49.76	45.22	3.25	0.14	1.64
2007	50.74	44.58	3.18	0.13	1.37
2008	54.88	37.75	5.37	0.23	1.77
2009	53.56	38.73	5.70	0.27	1.74
2010	60.49	36.21	2.23	0.52	0.55
2011	59.62	36.76	2.21	0.72	0.69
2012	60.81	35.67	1.89	0.82	0.82
2013	65.50	31.65	1.52	0.67	0.66

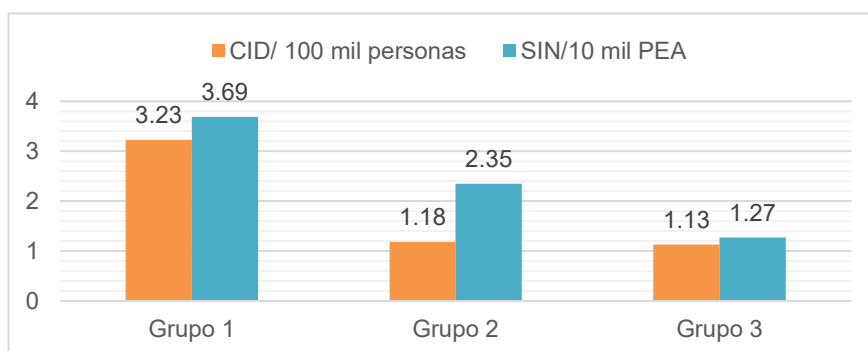
(Centro de Estudios sobre Ciencia, 2016)

El Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT) agrupó a las entidades federativas en conjuntos con el fin de investigar y obtener resultados referentes a la actividad en ciencia e investigación en México. Los grupos quedaron conformados de la siguiente manera: Grupo 1: Aguascalientes, Baja California, Chihuahua, Coahuila, Jalisco, Morelos, Nuevo León, Querétaro y Sonora. Grupo 2: Baja California Sur, Colima, Durango, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Michoacán, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán y Zacatecas. Grupo 3: Campeche, Chiapas, Guerrero, Nayarit, Oaxaca, Tabasco y Tlaxcala. En el estudio la Ciudad de México fue dejada de lado por tener características que la hacen única y que no permitieron integrarla a uno de los grupos. Se identificó cuántos CID había por cada 100 mil personas económicamente activas

(PEA) por grupo en 2012, así como cuantos investigadores del Sistema Nacional de Investigadores (SIN) había por cada 10 mil PEA en el mismo año.

De acuerdo con los datos encontrados y mostrados en la tabla siguiente, los estados que están a la delantera en CTI son la Ciudad de México, Nuevo León, Querétaro, Jalisco y Morelos, mientras que los estados más rezagados son Tabasco, Chiapas, Oaxaca, Guerrero y en último sitio Campeche (FCCyT, 2014).

Figura 2-6 ClyDT e Investigadores SIN por grupo 2012



(FCCyT, 2014)

Así, ante la evidencia del reducido esfuerzo de México en investigación y Desarrollo con respecto a los demás países de la OCDE, se hace más relevante el enfocar los recursos hacia las áreas tecnológicas más necesarias para resolver las necesidades del país. Asimismo, identificar las tendencias tecnológicas en dichas áreas, de tal manera que se invierta en la construcción de las competencias adecuadas en el mediano y largo plazos (FCCyT, 2014).

2.4 TIPOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

El Manual de Frascati distingue tres tipos de investigación y desarrollo, a saber: investigación básica, investigación aplicada e investigación experimental (OCDE, 2002).

La investigación básica radica en trabajos experimentales o tecnológicos que surgen esencialmente con el fin de obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de fenómenos y hechos observables, sin que se busque una aplicación o uso determinado. Este tipo de investigación se lleva a cabo por científicos quienes cuentan con libertad para fijarse sus propios objetivos. Se efectúa principalmente en instituciones de educación superior, aunque no es exclusiva de este sector (OCDE, 2002).

La investigación aplicada consiste, al igual que la investigación básica, en trabajos originales realizados para generar nuevos conocimientos, con la particularidad que este tipo de investigación tiene un objetivo práctico específico. La investigación aplicada se realiza para determinar:

- los posibles usos de los resultados de la investigación básica,
- nuevos métodos o
- formas de alcanzar objetivos específicos predeterminados.

Los resultados de la investigación aplicada se dan al desarrollar ideas y convertirlas en algo operativo (OCDE, 2002).

2.4.1 Centros de Investigación y Desarrollo

El Sistema Nacional de Innovación (SNI) mexicano está integrado por los agentes que también son parte de SNI exitosos en otros países como: organismos e instituciones gubernamentales, centros e institutos públicos de investigación, instituciones de educación superior, empresas. Sin embargo, sus acciones y relaciones lo caracterizan como un SIN aún en desarrollo (Dutrénit, *et al.*, 2010).

Los institutos y centros públicos de investigación (CPI), interés de esta investigación, se encuentran en un ambiente que exige mayor capacidad de captación de recursos, agilidad y flexibilidad para responder a las demandas de su mercado, así capacidad de exploración permanente del entorno, de las tendencias actuales de organizaciones en donde se busca mejores condiciones de competitividad (Salles y Bonacello, 2010 en Terán-Bustamante y Solleiro, 2012)). Los CPI requieren entender y aceptar que la captación e identificación de la tecnología ocurre principalmente en el mercado. El objetivo de hacer a las instituciones más competitivas se alcanza ampliando su grado de autonomía, de flexibilidad institucional y su capacidad de monitoreo y percepción de tendencias (Teran-Bustamante & Solleiro, 2012), en esta última tarea las herramientas de los estudios del futuro tienen un papel importante.

Terán-Bustamante y Solleiro (2012) indican que los CPI están obligados a considerar en su toma de decisiones, los ambientes interno y externo. Estas decisiones tienen por objeto explotar las competencias adquiridas, así como las oportunidades del ambiente externo de las cuales pueden aprender y desarrollarse. También indican que los CPI deben asumir un papel de generadores de externalidades, sinergias y formas de complementariedad con la industria como generadores de procesos de innovación tecnológica y conocimiento científico y tecnológico.

En México hay dos tendencias en los CPI. La primera tiene que ver con la transferencia de tecnología y la formación de empresas derivadas del conocimiento generado en los CPI y la segunda con la incorporación de prácticas formales de gestión del conocimiento. En ambos casos, los casos de éxito son excepcionales debido a la falta de experiencia institucional en materia de transferencia tecnológica y por las dificultades para manejar los procesos de generación y adquisición de conocimientos y la vinculación con usuarios potenciales. Se reconoce que falta mayor orientación al mercado (Teran-Bustamante y Solleiro, 2012).

Por su parte, Martínez-Berumen identificó las maneras en que un centro de investigación y desarrollo pueden contribuir a mejorar la competitividad (Martínez-Berumen, 2012, pág. 73):

- *Mediante la creación de nuevos productos y generación de tecnologías*
- *Mediante el diseño y desarrollo para la mejora de procesos*
- *Realizando proyectos de ingeniería especializada y*
- *Como resultado de su expertise, un centro puede ofrecer servicios o asistencias técnicas en los campos de conocimiento de su competencia, incluyendo servicios de capacitación.*

Entre las mejores prácticas en los procesos de innovación a nivel mundial se encuentran (Teran-Bustamante y Solleiro, 2012, pág. 53):

- *El liderazgo, la comunicación y la colaboración.*
- *La innovación de modelos de negocio y diversas metodologías para la medición de la capacidad de la innovación.*
- *El enfoque sobre el cliente y el involucramiento de éste en el proceso de innovación.*
- *Las redes en las que destacan la cooperación de equipos multidisciplinarios y la colaboración virtual mediante estructuras como las comunidades de práctica virtuales.*
- *La estrategia de innovación abierta.*
- *El enfoque emprendedor.*
- *La generación de las competencias organizacionales.*
- *El reconocimiento del individuo como factor más importante en la innovación.*
- *La tolerancia para asumir riesgos como parte de la gestión de la innovación.*
- *Reconocimiento de las generaciones de procesos de innovación dentro de la estrategia de la organización.*

Las generaciones de los procesos de innovación, de acuerdo con los autores, no se han desarrollado de forma secuencial. Terán-Bustamante y Solleiro (2012) describen ocho generaciones:

1. Empuje tecnológico (*technology push*): proceso lineal con mercados al final de la cadena; la libertad científica es muy importante, no los objetivos estratégicos ni la gestión de la cadena. Énfasis en I+D y la ciencia.
2. Tirón del mercado (*market pull*): proceso lineal con la ciencia al final de la cadena, los contratos de investigación son importantes, mientras que los vínculos con la estrategia corporativa son débiles. Hay poco énfasis en la gestión de la cadena. El mercado es la fuente de nuevas ideas para la investigación y desarrollo.
3. Modelo de acoplamiento: es la combinación de las dos generaciones anteriores. Los proyectos de innovación están vinculados a la I+D y a los objetivos de la empresa. Se pone especial atención en la gestión de la cadena, en la integración de I+D y de mercadotecnia.
4. Modelo colaborativo: su característica principal es la colaboración entre diferentes agentes de la cadena de valor.
5. Modelo de red: se exalta la acumulación de conocimientos y los vínculos con el exterior. Así como la integración de sistemas y extensión de redes.
6. Estratégico e integrado: promueve la interacción sistemática con todas las fuentes de conocimiento. Sistemas de integración y extensión de redes, la respuesta flexible y personalizada. Innovación continua.
7. Modelo de innovación abierta: combinación creativa de ideas internas y externas para avanzar en el desarrollo de nuevas tecnologías.
8. Red extendida de innovación: es la combinación de modelos de red y de innovación abierta.

Barragán resume la problemática en México de los CPI en seis puntos: la incertidumbre en su financiamiento, rigidez burocrática y normativa, insuficiente e inconstante generación de

recursos propios, mayor oferta de servicios que de productos de investigación y desarrollo, e insuficiente colaboración e interacción con la industria (Barragán, 2010)

2.4.1.1 Tipos de Institutos y Centros Públicos de Investigación (CPI)

Se clasifican los CPI en México según el objetivo con el que fueron creados y de acuerdo con la forma en que integran su presupuesto en tres grande grupos (Dutrénit, *et al.*, 2010; Teran-Bustamante y Solleiro, 2012):

1. El Sistema de Centros CONACYT
2. Los institutos y centros de investigación sectoriales, asociados a secretarías de Estado
3. Los universitarios

Tabla 2-11 Tipos de Institutos y centros públicos de investigación en México

Tipo	Descripción	Asociado	Ejemplo
Institutos y Centros de Investigación Sectoriales	Pertenecen a industrias específicas. Su objetivo es resolver problemáticas del área industrial a la que pertenecen. Realizan formación de recursos humanos	Asociados a secretarías de Estado o empresas descentralizadas.	Instituto Mexicano del Petróleo y el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias
Centros CONACYT	Los conforman los de corte científico (con objetivos similares a los universitarios, pero con un enfoque principal de generación de conocimiento) y los de investigación aplicada y desarrollo tecnológico (buscan resolver necesidades específicas de la industria)	Científicos Desarrollo tecnológico Humanidades	Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (CIATEC) El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) Instituto de Ecología, A.C. (INECOL)
Universitarios	Su objetivo es generar conocimiento, difundirlo y principalmente formar recursos humanos. Experiencia incipiente de vinculación con el sector productivo.	Centros, institutos y facultades o escuelas dentro de las universidades	UNAM Cinvestav UAM IPN

Basado en Terán-Bustamante y Solleiro, 2012

Los centros públicos de investigación gozan de autonomía de decisión técnica, operativa y administrativa en términos de la Ley de Ciencia y Tecnología, así como de gestión presupuestaria de acuerdo con el artículo 48 de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria.

Merrit (2007) identificó lo que los clientes de los CPI identifican como valioso (Teran-Bustamante y Solleiro, 2012):

-Calidad de los servicios	- <i>Know-how</i> resultante
-Valor de los servicios	-Manejo de la secrecía industrial
-Relevancia de los servicios	-Establecimiento de acuerdos de cooperación
-Condiciones para firmar contratos	-Ideas inesperadas
-Velocidad de la atención	-Manejo de la propiedad intelectual
-Nivel de equipamiento	-Uso de facilidades
-Consultoría experta	-Distancia
-Nivel de información	-Facilidad de uso
-Solución a los problemas	-Costo de los servicios
-Uso de la ciencia	-Carácter público de los institutos y centros de investigación

La ADIAT (2014) clasifica a los centros científicos por su origen en:

1. *Universidades públicas, que pertenecen a instituciones públicas de educación superior incluyendo las universidades tecnológicas (1. Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. IIUNAM y 2. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, CINVESTAV).*
2. *Privados, aquellos que se encuentran vinculados a empresas privadas y que pueden ser un centro o un departamento de investigación y trabajan alrededor de los temas de interés de la propia empresa (Centro de Investigación en Polímeros. CIP).*
3. *Públicos, aquellos centros que dependen del sector gubernamental como los centros CONACYT e instituciones públicas sectoriales (Instituto Mexicano del Petróleo. IMP).*

2.4.1.1.1 Instituciones de Educación Superior

El sector enseñanza superior ha sido reconocido por la OCDE y la UNESCO por el importante papel que las universidades e instituciones similares tienen en la ejecución de la I+D (OCDE, 2002).

Las instituciones de educación comprenden de acuerdo con el manual de Frascati:

Todas las universidades, centros de nivel universitario, institutos tecnológicos y otros centros post secundarios, cualquiera que sea el origen de sus recursos y su personal jurídica.

Incluye también todos los institutos de investigación, estaciones experimentales y hospitales directamente controlados, administrados o asociados a centros de enseñanza superior (OCDE, 2002, pág. 71).

Slaughter (1998) afirmó que las universidades son o deberían ser “instituciones de prospectiva”, dado que se les atribuye un papel prioritario como agentes de producción de conocimiento. Esta misma afirmación se puede hacer para los centros de investigación y desarrollo tecnológico (ClyDT) y más aquellos que pertenecen a una universidad.

En el mismo sentido el siguiente enunciado de Munck y McConnell (2009) es apropiado para ClyDT:

En una sociedad de conocimiento y en una institución generadora de conocimiento como una universidad, es natural participar en una actividad basada en el conocimiento como la prospectiva (pág.34).

Siendo en los CiyDT donde se encuentran los investigadores, un proceso de prospectiva y la exploración creativa del futuro, puede representar una oportunidad única para relacionarse con investigadores de otras disciplinas, teniendo discusiones libres (Munck & McConnell, 2009) y más aun generando redes de contactos y conocimientos.

Munck y McConnell (2009) escriben que administrar instituciones de educación superior en una atmósfera de austeridad será un reto al que las instituciones se deberán de enfrentar en los próximos años. Del mismo modo, lo tendrán que hacer organizaciones dedicadas al desarrollo de investigación y generación de conocimiento. Esta incertidumbre, escriben los autores, requiere la necesidad de una clara planeación estratégica, visión y prospectiva.

El futuro es incierto y necesitamos en la medida de lo posible, probar para el futuro nuestras estrategias (Munck y McConnell, 2009, pág. 31).

En nuestro país, en las 32 entidades federativas se cuenta con 95 universidades públicas estatales con infraestructura científica y tecnológica. El sistema de investigación de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) está integrado por 23 institutos y 7 centros agrupados en tres grandes áreas: Ciencias Químico-Biológicas y de la Salud, Ciencias Fisicomatemáticas y Ciencias de la Tierra e Ingenierías. La infraestructura de investigación del Instituto Politécnico Nacional (IPN) está conformada por 19 centros de investigación en 12 entidades federativas.

2.4.1.1.2 Empresas

En el manual de Frascati (2002) se especifica que el sector empresas comprende:

Todas las empresas, organismos e instituciones cuya actividad principal consiste en la producción mercantil de bienes y servicios (exceptuando la enseñanza superior) para su venta al público, a un precio que corresponde al de la realidad económica.

Las instituciones privadas sin fines de lucro, que están esencialmente al servicio de las empresas (OCDE, 2002, pág. 56).

Así los CiyDT de las empresas trabajan por y para las mismas, con recursos propios destinados al apoyo de su competitividad. A continuación, se cita la misión del Centro de Investigación en Polímeros de COMEX en donde se observa de manera clara lo expuesto antes:

Crear valor al Grupo Comex a través del desarrollo y optimización de tecnologías competitivas de productos y procesos, que representen soluciones innovadoras y de alto impacto para satisfacer las necesidades y expectativas de sus clientes (CIP, 2016).

2.4.1.1.3 Centros Públicos de Investigación

El PECiTI afirma que la Administración Pública Federal cuenta con 88 entidades y CPI sectorizados en 14 dependencias del Gobierno Federal.

Los Ramos Administrativos con mayor número de entidades coordinadas son el Ramo 12 Salud con 28, el Ramo 38 CONACYT con 26, Centros Públicos de Investigación (CPI) y un Fondo para el Desarrollo de los Recursos Humanos (FIDERH), y el Ramo 11 Educación Pública con 11 entidades (CONACYT, 2014, pág. 28).

Una parte importante de la infraestructura del SNCTI se encuentra en el sistema de CPI que está coordinado por el CONACYT.

Como resultado de su operación este Sistema genera cerca del 7.5% de la actividad científica, tecnológica y de formación de capital humano fuera del Distrito Federal y tiene presencia en 28 estados y 61 ciudades contribuyendo significativamente a la descentralización de las actividades de CTI (CONACYT, 2014, pág. 28).

Barragán (2010) afirma que el conocimiento que se genera en un CPI procede de manera fundamental de los proyectos de investigación –independientemente si son de investigación básica o aplicada- aunque también puede generarse de la interacción con empresas o industrias y otros actores (universidad, otros centros, asociaciones, etc.).

Lara-Rosano (1998) habla sobre el proceso de innovación y sus fases: investigación, desarrollo tecnológico, aplicación y adopción y perfeccionamiento. Sobre la fase de investigación, explica que se hace en dos etapas. Existe la investigación básica cuyo objetivo es generar conocimiento sobre la naturaleza y la sociedad, se desarrolla en las universidades y esta evaluado por pares y por el número de publicaciones y citas a esas publicaciones. La investigación aplicada la explica como aquella que soluciona problemas. Se desarrolla en centros de investigación. Su evaluación la realizan los pares y también los clientes.

2.5 PLANEACIÓN EN LOS CENTROS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN MÉXICO

López-Ortega *et al.*, (2003) presentaron el trabajo *Planeación estratégica en centros de investigación y desarrollo en México* en donde buscaron conocer las prácticas de planeación en los CID mexicanos. Realizaron una consulta tipo Delphi que se aplicó a las organizaciones pertenecientes a la ADIAT. En dicho estudio participaron 21 centros que representaban el 13.3% de los miembros de la ADIAT y de los cuales un tercio fueron universidades públicas, un tercio empresas privadas y el último tercio centros públicos de investigación. Uno de los resultados obtenidos fue el tipo de actividad al que se dedican los centros:

Tabla 2-12 Tipo de actividad por centro

Investigación aplicada y desarrollo tecnológico	90%
Servicio técnico	29%
Investigación básica	29%
Otras actividades	33%

(López-Ortega et al., 2003)

Sobre las actividades que tienen que ver planeación, todos los centros dijeron formular algún tipo de planeación. El 90% de los responsables de los CID señalaron que realizaban planeación estratégica. De ese proceso de planeación, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 2-13 Resultados de los procesos de planeación en CID

Programas	100%
Objetivos y estrategias	94%
Visión y Misión	81%
Diagnóstico de la situación interna y externa	75%
Proyectos Institucionales	69%

(López-Ortega et al., 2003)

De acuerdo con los resultados del trabajo, entre las prácticas más frecuentes del proceso de planeación estratégica de los CID estuvieron: el establecimiento del estado deseado, el diagnóstico del estado actual y el establecimiento de rutas para alcanzar el estado deseado y, por último, la revisión del cumplimiento de la ruta establecida y su ajuste. En lo que se refiere a los actores del proceso de planeación, se detectó que es el personal directivo quienes más participan en el mismo. Entre las herramientas más utilizadas resultaron con un 47% de recurrencia la reunión de grupos, con 28% un sistema de indicadores, 15% gestión del conocimiento y benchmarking, con 13% informes, entre otros (López-Ortega *et al.*, 2003).

2.6 CONCLUSIONES

En este capítulo se presentó la problemática identificada del campo de estudio. Este trabajo se desarrolla en la problemática identificada en la práctica de los estudios sobre el futuro. En la práctica, se plantea la necesidad de evidencia de ejercicios de prospectiva en contextos distintos a los reportados. En un ejercicio de inteligencia tecnológica y, de la revisión de la literatura, se observó que la mayor cantidad de ejercicios de prospectiva reportados corresponden a ejercicios de carácter normativo en el área de las políticas públicas.

Se considera a los Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico (ClyDT) un marco situacional que puede aportar al campo de estudio. En México, este tipo de organizaciones forma parte del Sistema Nacional de Innovación (SNI), el cual ha carecido del apoyo que demanda para su desarrollo. Lo anterior obliga a las organizaciones pertenecientes al SNI, a tener un eficiente manejo de sus recursos y a una mejor planeación, observando las oportunidades y desafío que existen en su entorno. Se busca que los procesos de prospectiva tecnológica apoyen a los ClyDT en su planeación estratégica.

La prospectiva como herramienta de apoyo para la toma de decisiones en las estrategias de innovación y desarrollo tecnológico en nuestro país, está presente desde el sexenio pasado (2012-2018) como parte de las funciones del CONACYT. Así se afirma su pertinencia como herramienta en el campo de la ciencia y la tecnología en México.

3 MARCO CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO

En este capítulo se presentan los conceptos y los métodos desde los cuales se analiza el marco situacional de esta investigación: los centros de investigación y desarrollo. Además, se presenta cómo el trabajo y resultado del proceso de prospectiva (objeto de estudio de la investigación) se relaciona y ubica en las organizaciones.

La prospectiva se encuentra en el campo de la incertidumbre y Milliken (1987) identifica tres tipos. El primer tipo es el “estado” de la incertidumbre y se refiere a la incapacidad para comprender cómo los componentes del entorno podrían cambiar. El “efecto” de la incertidumbre tiene que ver con la incapacidad de los tomadores de decisiones para predecir cuáles son las consecuencias dentro de la organización de los impulsores del cambio. Finalmente, la “respuesta” a la incertidumbre, Milliken la identifica como la incapacidad para formular las opciones de respuesta o en su caso para predecir las consecuencias de una opción de respuesta. Estos tipos de incertidumbre actúan en conjunto para determinar la incertidumbre general a la que se enfrentan los tomadores de decisiones (Milliken, 1987).

La construcción del método propuesto retoma lo estos de incertidumbre, con el fin de facilitar a los tomadores de decisiones su trabajo. El estado de la incertidumbre se aborda desde el monitoreo o escaneo del ambiente (inteligencia tecnológica). El efecto de la incertidumbre se aborda desde el modelo de sistemas viables en donde se identifican las relaciones entre los subsistemas de una organización y el lugar que ocupan los procesos de prospectiva en la misma. Finalmente, la planeación como apoyo a la respuesta a la incertidumbre.

El enfoque de sistemas se adopta, ya que busca la comprensión integral del problema y es útil para problemas de carácter teleológico y dinámico. Se identifica el contexto y cómo interactúa con el sistema de interés. También ayuda a identificar a los involucrados e interesados en el sistema (*stakeholders*). En este enfoque, se asume que hay un facilitador y en el caso de los sistemas, pueden estar compuestos por otros subsistemas. El modelo de Sistemas Viables (MSV) permite identificar los subsistemas de los que se compone la organización y cómo están relacionados. En el MSV se identifica un subsistema inteligencia que escanea el ambiente y plantea los posibles futuros de la organización.

Los estudios sobre el futuro son un campo de estudio que utiliza herramientas y mecanismos para generar información y una vez que las personas se apropian de esa información, se puede decir que se genera conocimiento (se retoma el paradigma del modelo SECI de la generación del conocimiento). En particular para esta investigación, se busca que, al utilizar el método propuesto, éste pueda proveer de información que permita la toma de decisiones en un proceso de planeación. La planeación prospectiva tecnológica, objeto de estudio de esta investigación, permite a las organizaciones visualizar sus futuros, identificar los recursos y las acciones necesarias para acercarse a los objetivos planteados.

Se busca también que estos marcos, sean guía para los tomadores de decisiones en los diferentes tipos de incertidumbres expuestas antes. A continuación, se presentan los conceptos y métodos mencionados en el párrafo anterior.

3.1 LA PROSPECTIVA COMO UN PROCESO SISTÉMICO

El hombre se encuentra inmerso en una realidad diversificada que influye tanto en sus actos como en su proceso de toma de decisiones. El enfoque sistémico permite definir el objeto de estudio al conceptualizarlo como un sistema, mientras que el resto de la realidad se toma como el ambiente del sistema (Lara-Rosano, 1990). Este ambiente o entorno (entorno de la incertidumbre) también interactuará con el sistema y el sistema deberá ajustarse o reaccionar a los estímulos que provengan del ambiente. Para que los centros de investigación y desarrollo tecnológico (ClyDT) puedan prosperar y perdurar, deben desarrollarse alineados a su ambiente (Snow y Hambrick, 1980).

De acuerdo con Lara-Rosano (1990) el enfoque sistémico tiene tres características principales:

Es holístico, es decir, toma en cuenta el problema total considerando los aspectos relevantes.

Es transdisciplinario, porque al obligarse a considerar todos los aspectos del problema necesita auxiliarse de muy diferentes disciplinas.

Es dinámico, porque no sólo estudia la génesis del problema a través del desarrollo histórico, sino que trata de proponer como soluciones procesos dinámicos que incluyen evaluaciones y adaptaciones continuas, en vez de una solución estática y fija (Lara-Rosano, 1990, pág. 19).

Las organizaciones son sistemas teleológicos que están integradas por agentes humanos o sociales y que persiguen objetivos. Los objetivos de los integrantes pueden ser opuestos a los objetivos del sistema lo cual lleva a relaciones de conflicto. La complejidad en este tipo de sistemas se da por la variedad y complejidad de los integrantes, la variedad y fuerza de sus interacciones mutuas y el número de integrantes (Lara-Rosano, 2014). Lo anterior se puede observar en ClyDT universitarios en donde existe libertad de cátedra e investigación y en los cuales los intereses de los académicos no necesariamente coinciden con los intereses institucionales. Así, la complejidad dependería del número de individuos, así como de las líneas de investigación de interés para la organización.

Chun et al (2008) citan a Senge (2004) diciendo que el pensamiento sistémico se deriva de la teoría de sistemas y es la base para la organización de aprendizaje. En relación con el conocimiento, un concepto importante en el pensamiento sistémico es el aprendizaje generativo. El aprendizaje generativo es el proceso de aprovechamiento, la integración y la personalización de los conocimientos existentes para nuevos usos (Senge, 2004). En el aprendizaje generativo, de acuerdo a Chun et al (citando a Wittrock (1992)), la importancia no radica en el almacenamiento y uso de la información, sino más bien en la generación de relaciones y la creación de significados que aumentan la comprensión. El aprendizaje generativo da lugar a enfoques innovadores para nuevos problemas en lugar de la reapiación de ideas ya existentes, muchas veces mal adaptadas a estos nuevos problemas.

El enfoque de sistemas aplicado a la gestión del conocimiento reconoce que cada vez que uno de los procesos de conocimiento clave sale a la luz, puede haber un efecto dominó de los acontecimientos y comportamientos que pueden cambiar el estado de otros

subsistemas. Los eventos pueden ser parte de la consolidación de los procesos que conducen a la obtención de efectos deseables o indeseables. Cada proceso de conocimiento puede conducir a soluciones reaccionarias o verdadero aprendizaje generativo. Un ambiente que apoya esta perspectiva holística se define como un entorno de gestión de conocimiento sistémico (Chun, *et al.*, 2008).

Los procesos de prospectiva requieren de la participación de los involucrados. En un ClyDT, es importante la participación de los investigadores y de los tomadores de decisiones. Los ClyDT se enfrentan a la necesidad de identificar las líneas de investigación para las cuales se les otorga financiamiento (esta directriz puede venir desde el ambiente externo de la organización) y al mismo tiempo a los intereses de investigación de cada individuo. En ambos casos, el escaneo del entorno resulta útil para obtener información de las líneas de investigación y temas en la frontera del conocimiento de las áreas de estudio interés de cada ClyDT. Este proceso de inteligencia tecnológica genera información que podría permitir alinear los objetivos individuales con los institucionales e incluso con las demandas del ambiente.

Concibiendo a los ClyDT como organizaciones que de acuerdo a la teoría deben buscar alinearse a su entorno y de manera interna de forma estructural, el modelo de sistemas viables (MSV) permite entender a las organizaciones de cualquier tipo y es útil para identificar cómo se puede intervenir en ellas de manera que trabajen de mejor manera (Espejo, 2003)

Beer encontró sistemas capaces de mantener una existencia independiente a pesar de las operaciones ley de variedad requerida¹³. Dichos sistemas muestran las siguientes propiedades (Hayward, 2004, pág. 4):

- Mantienen su identidad: los sistemas tienen un propósito y los medios para lograrlo.
- Auto reparación: pueden repararse a sí mismos para continuar existiendo.
- Auto conciencia: tienen conciencia de sí mismos.
- Auto organización: su estructura organizativa tiene un entono y contexto específico.
- Auto equilibrio: utiliza la homeostasis, es decir son sistemas que mantienen su estado en un contexto cambiantes haciendo ajustes internos (Ackoff, 1971).
- Sistemas abiertos: Un sistema que tiene ambiente (Ackoff, 1971). El sistema toma información adaptable de su entorno.
- Recursividad incorporada: existen dentro de otros sistemas. El modelo de sistemas viables propone una organización recursiva. Es decir, que los sistemas viables deben estar en sí compuestos por sistemas viables o autónomos, cada uno preocupado por su propio desarrollo. De esta manera los responsables de la administración, en cada nivel de la organización, definen sus políticas a través de las tareas que implementarán en forma autónoma, aunque cohesionados estructuralmente (Navarrete-Arregui y Careaga-Díaz, 2016, pág. 178).

¹³ William Ross Ashbey introdujo el concepto de variedad (término usado en cibernética para describir complejidad) y formuló la Ley de Variedad Requerida. Esta ley establece que, para controlar un sistema complejo, el sistema de gestión debe generar al menos tanta complejidad como el sistema que está tratando de controlar (Espejo, 2003; Hayward, 2004).

El modelo de sistemas viables (MSV) se conforma de 5 subsistemas, explicados en la Tabla 3-1, que operan de forma dinámica conformando dos mecanismos reguladores:

- Mecanismo de adaptación (corresponde a los subsistemas 3, 4 y 5), busca la efectividad organizacional.
- Mecanismo de cohesión (subsistemas 1, 2 y 3) asegura la eficiencia de la organización.

Estos mecanismos se complementan para asegurar la viabilidad organizacional.

Tabla 3-1 Subsistemas del modelo de sistemas viables

Subsistema	Función	Tarea
1	Implementación	Corresponde a las actividades primarias de la organización. Aquellas que constituyen la esencia y razón de ser de la organización están acompañadas de actividades de regulación.
2	Coordinación	Filtra la variedad recursiva. Se diseña a modo que permita lenguajes y protocolos de comunicación entre las actividades primarias de un mismo nivel recursivo, a fin de cuidar la consolidación y cohesión del sistema en la ejecución de sus tareas.
3	Cohesión	Forma de control que respeta y habilita la autonomía de las actividades viables o primarias en una organización. Incluye en sí un monitoreo esporádico y conocido (3*)
4	Inteligencia	Tiene su ámbito de acción en el entorno de la organización. Se ocupa de su prospectiva y desarrollo futuro, acciones que permitirán lograr la adaptación de la organización.
5	Política	Es normativa y se encarga de dar clausura al sistema viable, cuidando su integridad y la identidad organizacional del sistema.

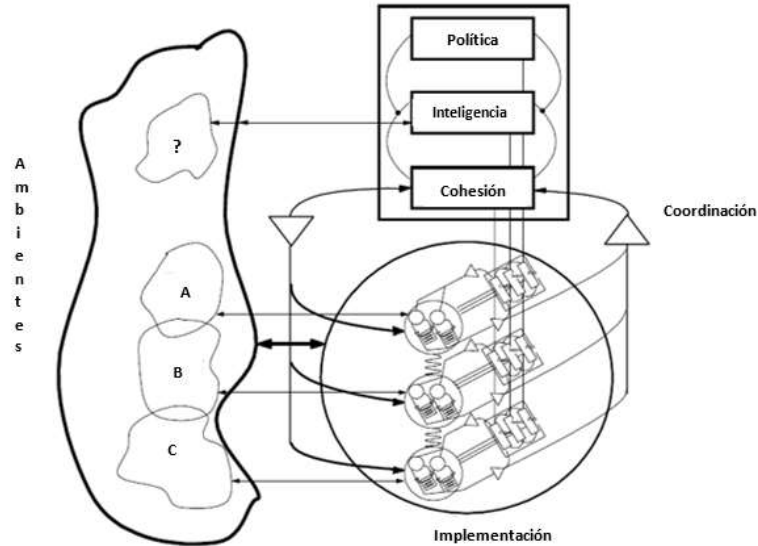
(Espejo, 2003; Navarrete-Arregui & Careaga-Díaz, 2016)

La prospectiva sirve de apoyo a las organizaciones para el desarrollo y establecimiento de las propiedades de los sistemas viables, de manera especial en la identidad, la autoconciencia y la apertura. La tarea de la prospectiva consiste en permitir a las organizaciones tomar acciones consientes con respecto al futuro, operando para administrar la complejidad inherente a cualquier consideración sobre el futuro (Hayward, 2004).

Para Hayward el subsistema 4 examina el entorno externo del sistema para obtener inteligencia sobre su totalidad y su futuro. Los resultados del ejercicio de la inteligencia ambiental, que podría requerir un nuevo examen de la identidad del sistema, se envían al subsistema 5.

El subsistema 5 representa la identidad del sistema. De dicha identidad surge el propósito del sistema. El subsistema 5 pasa al subsistema 3 las políticas para gobernar los resultados generales del sistema. Además, equilibra el presente y el futuro, así como la perspectiva interna y externa. También regula la relación entre los subsistemas 4 y 3. Por su parte el subsistema 3 funciona como control de los subsistemas operativos (1,2, 3), para que esos subsistemas (1) se vuelvan eficientes (hagan las cosas bien) (Hayward, 2004).

Figura 3-1 Modelo de sistemas viables



(Espejo, 2003)

El subsistema 4 abarca tanto la efectividad como el propósito de las recursiones. La efectividad se centra en hacer las cosas de manera correcta. El propósito se centra en la identidad propia de la organización. Hayward (2004) habla sobre las relaciones de los subsistemas 4-3 diciendo que su interrelación crea el entorno estratégico de toma de decisiones para la organización. Mientras que la interrelación entre los subsistemas 5-4 permite a la organización transformarse cuando los cambios en el entorno externo lo hacen necesario.

El MSV hay tres tipos de estrategias: la prevista, la emergente y la estrategia realizada. La primera corresponde al rol del subsistema 5, la emergente corresponde al rol del subsistema 4 y la última al subsistema 3. El subsistema 3 se enfoca en el alineamiento de la capacidad interna con la estrategia prevista (subsistema 5) (Hayward, 2004).

El subsistema de interés para esta investigación es el subsistema 4 cuya función es de inteligencia y de visualización del futuro. Este subsistema se encarga de identificar las posibles oportunidades y amenazas en el entorno futuro de la organización. Proporciona información a los otros subsistemas dentro del sistema (hacia arriba y abajo) que les permita tomar decisiones. Para que la información fluya de manera adecuada, debe existir buena comunicación y la información del subsistema 4, debe presentarse de manera que resulte útil para cada subsistema.

Vecchiato y Roveda (2015) identifican que la función inteligencia, que está asociada al término o actividad “escaneo del ambiente” (*environmental scanning*), está siendo desplazado por el trabajo de la prospectiva (*foresight*). Más aún, los autores prefieren el término prospectiva estratégica para enfatizar la relación estrecha con el proceso de formulación de estrategias (Vecchiato & Roveda, 2010).

Así, este enfoque permite en primer lugar identificar a los trabajos de prospectiva dentro de una organización. Del mismo modo, se presenta la importancia de escanear el ambiente de

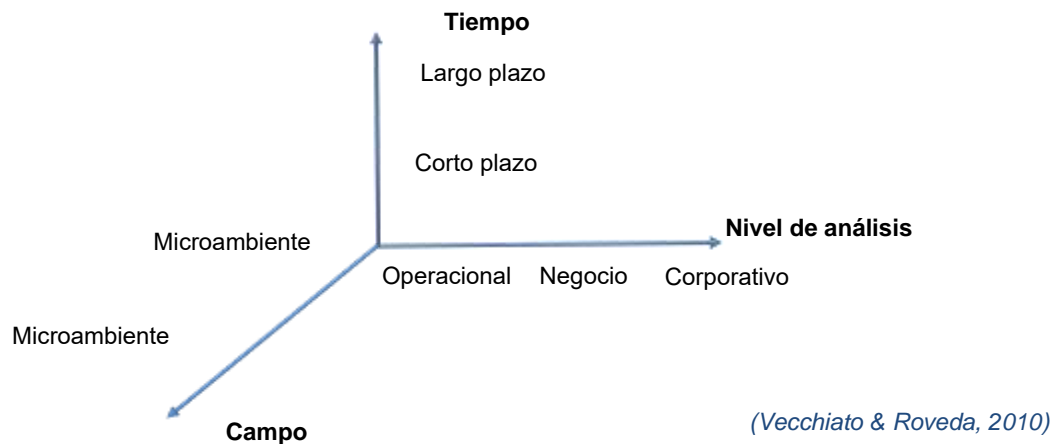
la organización y cómo estas actividades repercuten en el quehacer de las organizaciones, en particular en los ClyDT. Condición que debe cumplir el sistema inteligencia, de acuerdo con el MSV, son la comunicación y el adecuado flujo de información a los otros subsistemas, condiciones que su busca reforzar con la aplicación del método propuesto.

3.2 LA PROSPECTIVA EN LAS ORGANIZACIONES

Un ClyDT es considerado como un sistema viable, ya que cuenta con áreas de implementación que están representadas por las áreas de investigación interés de cada centro. Áreas de coordinación, de acuerdo con las diferentes áreas de conocimiento que cultiva un centro. Un subsistema política, localizado en la Dirección del centro. Los subsistemas de cohesión y control recaen en actividades de evaluación y control en los centros y finalmente la tarea del sistema inteligencia recaería en cada uno de los investigadores o grupos de investigación, si es que el ClyDT no cuenta con un grupo dedicado a esta tarea. Dicho grupo, se encargaría del monitoreo del ambiente y la identificación de la frontera del conocimiento de los temas de interés.

En una organización las actividades de prospectiva se clasifican en tres criterios: el campo, el nivel de análisis y el horizonte de tiempo. El campo, se identifica como el microambiente que lo constituyen las fuerzas del mercado -tecnología, los clientes, la industria- y el macro ambiente que incluye las fuerzas que no provienen del mercado (los factores PEEST¹⁴ por sus siglas en inglés: Político/legal, del medioambiente, económico, social y tecnológico) (Vecchiato & Roveda, 2010).

Figura 3-2 Criterios de las actividades de la prospectiva en las organizaciones



La prospectiva de ciencia y tecnología ha tenido un importante desarrollo en las últimas décadas. Este desarrollo se ha producido en diferentes ámbitos: gobiernos nacionales, instituciones públicas y privadas, asociaciones, entre otras. En particular, una institución que llevan a cabo investigación debe estar preparada para adecuarse a los cambios en su entorno (De Lattre-Gasquet y Sainte-Beuve, 2003).

¹⁴ El análisis PEEST proporciona un marco de condiciones macro que afectan a una organización y sus implicaciones estratégicas en sus operaciones. Estos factores a menudo están fuera del control de una organización.

Es pertinente que cualquier organización conocer el campo en el que actúa (estado de la incertidumbre), el nivel de análisis de interés (el efecto de la incertidumbre) y el horizonte de planeación que requiere necesario para conseguir los objetivos deseados (la respuesta a la incertidumbre). La información y el conocimiento cobran importancia en las organizaciones, como parte de su quehacer, pero también como parte de su estrategia de desarrollo.

3.2.1 El conocimiento y las organizaciones

El Banco Mundial en su reporte de 2008, habla sobre la revolución del conocimiento en donde la velocidad con la que se crea se comparte y se aplica el conocimiento tanto en la sociedad como en economía no tiene precedente. Hoy en día la rapidez con que los cambios se difunden se debe en gran parte a los avances en las tecnologías de la información y comunicación (Kuznetsov y Dahlman, 2008).

Jaso (2011) escribe que, a diferencia de otros factores de producción como el trabajo y capital, el conocimiento tiende a ser abundante y la capacidad para gestionarlos de mejor manera es escasa. La generación de conocimiento no es el problema central sino, dado la oferta excesiva, el reto ahora es su administración. La gestión de conocimiento es considerada una estrategia, debido al rol que el conocimiento ha tomado en los procesos de la organización.

La creación y difusión del conocimiento se ha convertido en un factor importante para la competitividad. La autora señala que para que una organización sea exitosa en el ambiente competitivo actual, debe aprender de lo que ha venido haciendo (Dalkir, 2005).

Concheiro, en la conferencia realizada en el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México en 2009 titulada *Futuros de la Ingeniería en México* se adelanta al futuro y habla sobre una sociedad de la innovación o la creatividad que propone como una etapa posterior a esta sociedad del conocimiento. Afirma que hoy el conocimiento es como nunca la base del crecimiento económico y del desarrollo. Aprender, innovar, adoptar y adaptar con rapidez continuarán siendo cruciales para las empresas y las naciones (Concheiro, 2009).

Nonaka y Takeushi (1995) definen a la gestión del conocimiento como un proceso que se aplica de manera sistemática a la captura, estructura, gestión y diseminación del conocimiento a través de la organización para trabajar de manera más rápida, con mejores prácticas y reduciendo los costos de proyecto a proyecto.

Senge (2004) escribe que a medida que el mundo se vuelve más interconectado y los negocios se vuelven más complejos y dinámicos, el trabajo debe estar más dedicado al proceso de aprender.

Las organizaciones que cobrarán relevancia en el futuro serán las que descubran cómo aprovechar el entusiasmo y la capacidad de aprendizaje de la gente en todos los niveles de la organización (Senge, 2004, pág. 1).

La rapidez con la que se genera y difunde el conocimiento hace que los cambios tecnológicos sean más rápidamente asimilados en las actividades económicas. Por lo tanto, aprovechar el conocimiento disponible para prever los cambios más probables en los

ámbitos de interés de una organización, representarán una ventaja competitiva en el mediano y largo plazo.

3.2.2 El conocimiento como el producto de una organización

En la guía *Inteligencia Económica y Tecnológica. Guía para principiantes y profesionales*, definen dato, información, conocimiento e inteligencia de la siguiente manera:

- *Datos: Palabra, cifras, hechos inconexos y no elaborados a los que les falta un marco de referencia conceptual. En ausencia de un contexto, poco o nulo significado puede extraerse de los datos.*
- *Información: Hace referencia a una comprensión de las relaciones existentes entre datos, aun cuando no se disponga de una base de explicación de por qué los datos son tales, ni una indicación de los posibles modos de variación de los datos con el tiempo.*
- *Conocimiento: Se aplica este concepto cuando se cuenta con pautas o modelos de relaciones entre datos o información; estos esquemas pueden presentar conocimiento para un usuario, siempre que éste sea capaz de reconocerlos y comprender sus implicaciones, pudiendo así predecir modelos de evolución del modelo en el tiempo con una fiabilidad suficiente.*
- *Inteligencia (o saber) que significa la comprensión de los principios que subyacen a los modelos de representación del conocimiento por parte del usuario (CETISME, 2002, pág. 21).*

Por su parte, Barceló (2001) en su libro *Hacia una economía del conocimiento*, escribe:

En el dato, como representación de un grupo de objetos y acontecimientos que se dan en el mundo real, se encuentra un primer nivel de conocimiento. Una vez que el dato adquiere un determinado significado en un contexto específico, encontramos un segundo nivel en la información. El flujo de experiencias, valoraciones, información técnica y juicio experto capaz de evaluar e incorporar nuevas experiencias e información convierte este segundo nivel en un tercero, que es el conocimiento (Barceló, 2001, pág. 14).

Para Nonaka, *et al.*, (2000) conocimiento es una creencia justificada. Argumentan que el conocimiento es dinámico debido a las interacciones que se generan entre los individuos y las organizaciones. El conocimiento requiere de un contexto específico para cobrar significado y depende de la acción humana, de otro modo este conocimiento se queda en información.

En cuanto a la sociedad del conocimiento Burch (2005) cita a Castells señalando que:

Se trata de una sociedad en la que las condiciones de generación de conocimiento y procesamiento de información han sido sustancialmente alteradas por una revolución tecnológica centrada en el procesamiento de información, en la generación del conocimiento y en las tecnologías de la información.

En la sociedad y economía actual, donde se reconoce al conocimiento como un bien fundamental; nuevas capacidades se requieren para entender su dinámica y adaptarse a las necesidades del mercado. Es justo el conocimiento la razón de ser de las empresas, lo que le va a dar a las organizaciones una ventaja competitiva (Nonaka, *et al.*, 2000). Así, ante la importancia que ha cobrado este bien, se hace imperante su gestión.

Alcántara Concepción (2014) reflexiona sobre la gestión del conocimiento y escribe que en los últimos años se ha incrementado el interés acerca del acervo de conocimiento en las organizaciones y sobre cómo gestionarlo.

Jaso (2011) afirma que algunos de los problemas de las organizaciones consisten en cómo gestionar el conocimiento que se genera en un entorno dinámico y complejo, de igual manera las organizaciones se enfrentan al reto de cómo identificar aquel conocimiento que es útil a sus necesidades, cómo asimilarlo, procesarlo, explotarlo y medirlo.

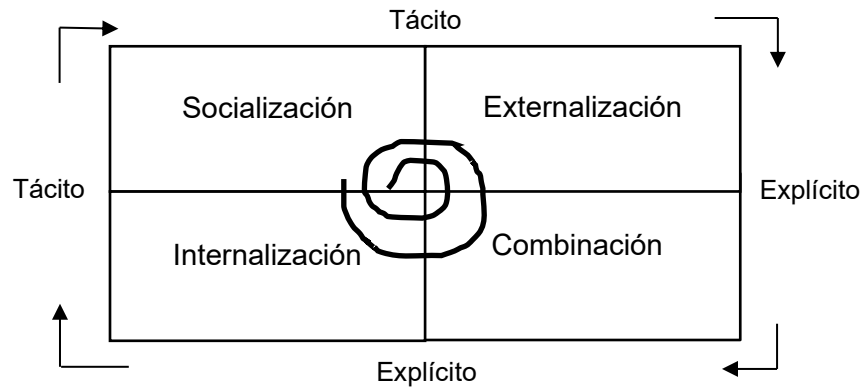
Para Nonaka, *et al.* (2000) hay dos tipos de conocimiento: el tácito y el explícito. Describen al conocimiento explícito como el conocimiento formal, con lenguaje sistemático y que se comparte en forma de datos, formulas científicas, especificaciones, manuales entre otras formas. Este tipo de conocimiento es aquel que puede ser procesado, transmitido y almacenado de manera relativamente sencilla. Por su parte el conocimiento tácito es difícil de comunicar y es aquel que está profundamente arraigado a las acciones, procedimientos, rutinas, ideales, valores y compromisos del individuo que lo posee.

Uno de los esfuerzos prácticos de gestión del conocimiento lo lleva a cabo Nonaka (2000) con su modelo SECI. Este modelo muestra la creación de conocimiento a través de la interacción de conocimiento tácito y el explícito o la conversión del conocimiento. Existen cuatro tipos de conversión del conocimiento:

1. La socialización (conocimiento tácito a tácito)
2. La externalización (pasar de conocimiento tácito a explícito)
3. Combinación (conocimiento explícito a explícito)
4. Internalización (conocimiento explícito a tácito)

La socialización la describe Nonaka (2000), como el proceso de convertir nuevo conocimiento tácito a través de compartir experiencias con otras personas. El segundo tipo de conversión, la externalización, lo describe como el proceso de articular el conocimiento tácito en conocimiento explícito. Dicha conversión ocurre cuando el conocimiento tácito se hace explícito mediante el uso de metáforas, analogías y modelos. Es en este proceso cuando el conocimiento se puede compartir convirtiéndose en la base de nuevo conocimiento. El proceso de ir de conocimiento explícito a explícito, la combinación, de acuerdo con Nonaka es cuando se convierte conocimiento explícito en conjuntos más complejos y sistemáticos de conocimiento explícito. Por último, la internalización lo describe como el proceso de convertir el conocimiento explícito en conocimiento tácito. El conocimiento se vuelve un activo valioso cuando el individuo hace suyo el nuevo conocimiento explícito y lo aplica en su entorno. Este proceso da lugar a una espiral de conocimiento que va creciendo en cada ciclo y con cada ciclo también aumenta el conocimiento de los individuos y las organizaciones.

Figura 3-3 Ciclo de generación de conocimiento



(Nonaka, Toyama, & Konno, 2000)

Estos tipos de conversión de conocimiento se pueden asociar a un proceso de prospectiva. Ya se ha establecido que los procesos de prospectiva son participativos. Esta interacción entre los participantes permite en primera instancia la socialización y la externalización del conocimiento mediante el diálogo (reuniones de expertos, congresos, entrevistas, lluvia de ideas, cuestionarios tipo Delphi). La combinación se da, por ejemplo, con la generación de reportes, mapas de ruta tecnológica, creación de escenario etc. Finalmente, a nivel organizacional, la internalización se daría con la generación de programas y proyectos. Más adelante se observará que la socialización y externalización en un proceso de prospectiva forman parte de las fases de pre-prospectiva y prospectiva, la combinación forma parte de la fase prospectiva y la internalización se desarrolla en la fase post-prospectiva de un proceso de prospectiva.

Yüksel y Cifci (2017) escriben sobre la relación entre los estudios de prospectiva tecnológica y el *Ba*, es decir el ambiente en que se propicia la generación de conocimiento:

Los estudios de PT contribuyen en la creación de conocimiento mediante la construcción de una extensión compartida de las relaciones emergentes de las interacciones entre los individuos, los grupos y el entorno y el llenando el Ma¹⁵ que representa los espacios entre las fronteras del Ba¹⁶, como las desconexiones de los interesados o la distancia física entre ellos (Yüksel y Cifci, 2017, pág. 808).

Jaso Sánchez (2011) escribe sobre los factores importantes que intervienen en la gestión del conocimiento: facilitadores/capacitadores, procesos y desempeño organizacional.

Los primeros fomentan y estimulan la creación de conocimiento, lo protegen y facilitan su intercambio en la organización (...). Los segundos incluyen actividades tales como la creación, desarrollo, intercambio, almacenamiento y uso del conocimiento. Estos procesos de la gestión del conocimiento son operaciones básicas del conocimiento, y los facilitadores proveen la infraestructura necesaria para que la organización incremente la eficiencia

¹⁵ Término Japonés que se refiere al espacio, brecha, pausa o espacio entre dos partes estructurales.

¹⁶ Término Japonés que se refiere al ambiente de la organización.

de esos procesos. El tercero puede ser medido por un mejoramiento en la calidad, aumentos en la productividad o rentabilidad y por la innovación (Jaso Sánchez, 2011, pág. 6).

Considerando que buena parte del trabajo de los ClyDT es la generación del conocimiento, una parte de dicho conocimiento deberá dirigirse hacia la identificación de las tendencias tecnológica que define el desarrollo de las áreas de interés. Se plantea que la prospectiva tecnológica representa una herramienta del pensamiento sistémico y como parte de un sistema de inteligencia tecnológica resulta útil para identificar tendencias tecnológicas. De esta manera, los resultados de la prospectiva tecnológica se conciben como conocimientos relevantes para la planeación de los ClyDT.

3.3 LA PROSPECTIVA COMO PARTE DE UN PROCESO DE PLANEACIÓN

Para Coates (1985), la planeación y la prospectiva se desarrollan de manera cercana, e incluso aclara que la prospectiva es un paso dentro de un proceso de planeación. Por su parte Taylor (1984) afirma que planear es un proceso a través del cual los individuos o grupos de personas aprenden a hacer frente a un ambiente impredecible y cambiante. Godet (2000), describe como indisociable la relación entre el estudio sobre los futuros y la estrategia, que los primeros no tienen mayor sentido que el de esclarecer la acción. Godet (2000) cita la definición de planeación propuesta por Ackoff (1973):

Concebir un futuro deseado así como los medios necesarios para alcanzarlo (Godet, 2000, pág. 3).

La planeación puede ser vista como un proceso de toma de decisiones que precede a una acción (o situación) futura. El proceso de planeación apoya a los tomadores de decisiones a identificar lo que se debe hacer, el momento en que se debe llevar a cabo y cómo se debe hacer, en otras palabras, a dar respuesta a la incertidumbre.

Child (1984) escribe que, desde el punto de vista de los sistemas, la planeación:

Toma como su medida de rendimiento la supervivencia de las organizaciones basadas en su capacidad para (1) atraer los recursos necesarios, (2) integrar estos recursos de manera efectiva y (3) adaptarse al cambio (Child, 1984, pág. 208).

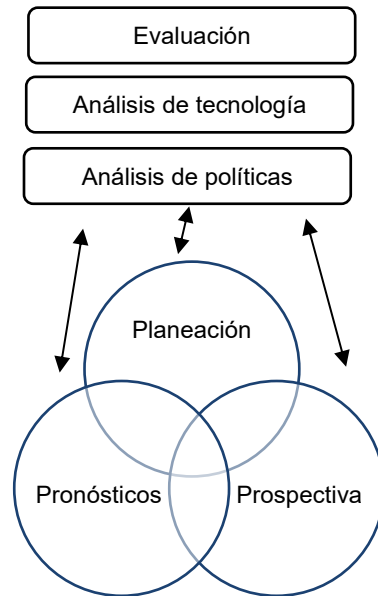
Cuhls (2003), cita a Montgomery y Porter y escribe sobre planeación:

...el objetivo de la planeación es un plan, ya sea la combinación de la información, los límites y las medidas relacionadas para fijar las fechas, o los arreglos y la asignación de los recursos con antelación. Los planes describen los arreglos para alcanzar los objetivos (Cuhls, 2003, pág. 100).

Cuhls escribe que lo anterior es la principal diferencia de la planeación con los pronósticos o la prospectiva, ya que estas últimas no terminan con un plan. Sin embargo, los pronósticos y la prospectiva son de utilidad en la creación de los planes suministrando a los tomadores de decisiones con información para su formulación. Los métodos de los pronósticos pueden ser utilizados para el proceso de prospectiva y escribe que la planeación puede ser pensar a futuro o tener una imagen del futuro, darle forma al mismo, e incluso puede ser una acción pre-decida. La planeación, la prospectiva y los pronósticos se intersecan dependiendo del

objetivo que se persigue. Más aún, la planeación (estratégica), la prospectiva y los pronósticos a su vez coinciden con la creación de conocimiento, los procesos de aprendizaje organizacional o reflexivos (Cuhls, 2003).

Figura 3-4 Intersección de la planeación, prospectiva y pronósticos



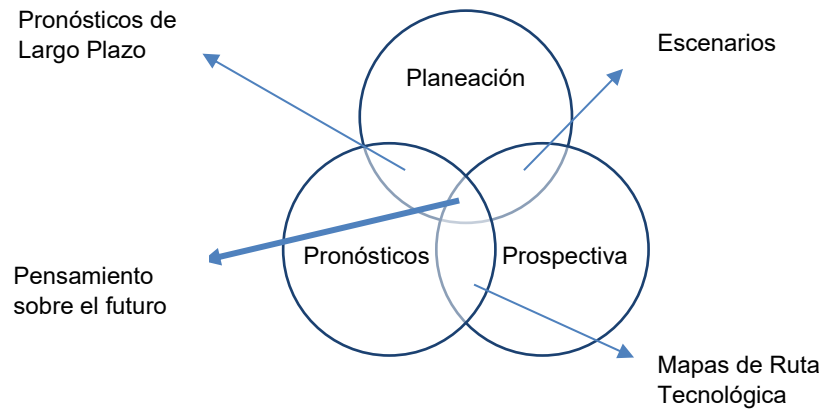
(Cuhls, 2003)

En el capítulo anterior se señaló la diferencia entre prospectiva y pronósticos. Los pronósticos tienen que ver con herramientas duras que permiten de información dada, hacer proyecciones sobre el futuro. La prospectiva, se apoya en herramientas suaves, con un importante apoyo en expertos (es por ello por lo que se considera a los CiyDT un lugar ideal para desarrollar un método de prospectiva).

De la Figura 3-4, en esta investigación se identifica que en la intersección entre los pronósticos y la planeación se encuentran los pronósticos de largo plazo (la respuesta a la incertidumbre), en esta intersección se encuentran las tendencias. Se responde a preguntas como ¿Qué pasaría si las cosas siguieran igual? ¿A dónde llegaríamos? En la intersección entre la prospectiva y la planeación se localizan los escenarios. ¿Qué pasaría si tomamos otros caminos? ¿A dónde quisiéramos llegar independientemente de las capacidades actuales? En la intersección entre los pronósticos y la prospectiva se ubica otra herramienta de los estudios sobre el futuro como los mapas de ruta tecnológica que permiten utilizar proyecciones y al mismo tiempo identificar las capacidades y necesidades de una organización para alcanzar el futuro deseado. Finalmente, en la intersección de las tres esferas, es en donde se ubica el pensamiento sobre el futuro. En donde no sólo se identifica ¿a dónde se desea llegar?, al ser una parte de la planeación se identifica (en términos de Voros (2003)): lo que está sucediendo, lo que podría suceder, lo que se tendría que hacer y el cómo se hará (Figura 3-5).

Estas preguntas, se encuentran en el nivel de análisis del negocio y corresponden a la planeación estratégica.

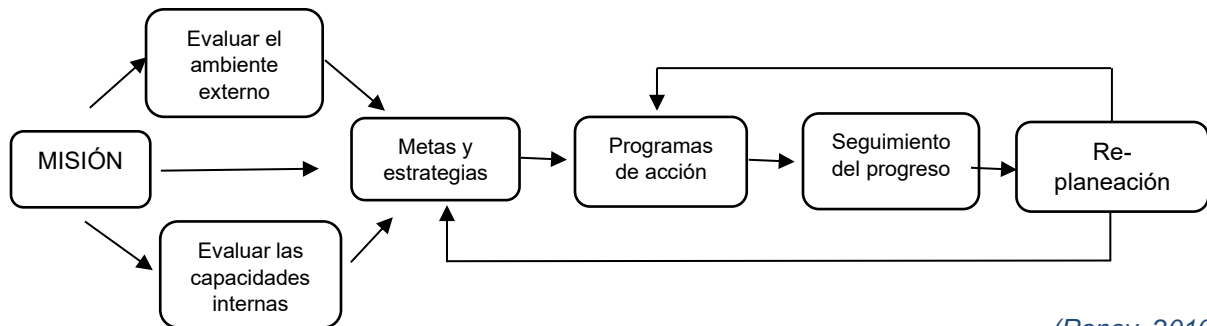
Figura 3-5 Identificación de áreas de conocimiento en las intersecciones de la planeación, prospectiva y pronósticos



Elaboración a partir de Cuhls, 2003

De acuerdo con Roney (2010), la planeación estratégica tuvo sus primeras manifestaciones después de la Segunda Guerra Mundial, y en la década de 1980 ganó popularidad el término Gestión Estratégica sobre Planeación Estratégica. Roney afirma que, para finales de 1970, un marco generalmente aceptado de un proceso de planeación estratégica se parece al de la Figura 3-6.

Figura 3-6 Planeación estratégica



(Roney, 2010)

Roney (2010), discute las posibles intersecciones entre los estudios sobre el futuro y la planeación estratégica. Roney cita a Vecchiato y Roveda (2010) y afirma que en la comunidad académica ambos campos de estudio siguen estando separados, mientras que en la práctica la intersección entre ellas es cada vez más frecuente. Al igual que en los estudios sobre el futuro, se encuentra una brecha importante entre la práctica y la teoría de la planeación estratégica. Roney (2010) asegura que son los “futuristas” quienes pueden reducir dicha brecha.

En el entendido que la planeación y los estudios sobre el futuro son un buen complemento para el trabajo de las organizaciones, la siguiente tabla, indica los niveles en los que los estudios sobre el futuro, la planeación y la gestión estratégicas operan en una organización.

Tabla 3-2 Intersección entre gestión estratégica, planeación estratégica y estudios sobre el futuro

	Gestión Estratégica	Planeación Estratégica	Estudios sobre el Futuro
Propósitos	Descubrir la naturaleza y los recursos de la ventaja competitiva	Incrementar la probabilidad del cumplimiento de la misión Aplicación de la teoría de la administración, los principios para su práctica	Descubrimiento de posibles y probables futuros Prospectiva para decisiones políticas y planeación
Enfoques	Ciencias sociales. Extensión de la teoría microeconómica Prueba hipótesis Construcción de teoría	Metodología: principios generalmente aceptados para la selección de la misión, recolección de evidencia	Ciencias aplicadas y tecnología Interdisciplinaria e integrativa, orientada a sistemas Estudios y metodologías
Fuerzas	Asociaciones y <i>journals</i> importantes Avances ocasionales	Ampliamente aceptada en la Gestión Tiende a incrementar el desempeño Métodos neoclásicos que se benefician de la IT Modelos de negocios y métodos pueden ser probados empíricamente	Creciente aceptación en la gestión WFS, tres <i>journals</i> , Los trabajos de prospectiva pueden servir como insumos para procesos de planeación estratégica
Debilidades	Ampliamente separado de la práctica administrativa Hipótesis no verificables	Repudiado por la academia Estigma de fracaso a mediados de 1980 Poco práctico antes de 1990 Fallo de la Asociación Americana de Planeación Falta de fiabilidad en los pronósticos	Insuficientemente representados en la academia Sin principios generalmente aceptados Sin teorías formales o hipótesis probadas de manera empírica Inmadurez metodológica
Estado del arte	Basada en los recursos Capacidades dinámicas	Planeación de escenarios/contingencias Modelos de estrategia multinacional Rivalidad competitiva Sistemas de planeación de TI	Planeación a largo plazo Estudios basados en simulación Estudios sobre medio ambiente sostenible Estudios del estado del futuro Inteligencia artificial

(Roney, 2010)

Los estudios sobre el futuro han contribuido al proceso de planeación y en particular a la planeación estratégica de diferentes formas. En la selección de la misión, se utiliza para clarificar las diferentes alternativas para seleccionarla. Advierten a los planeadores sobre las oportunidades en el ambiente externo y las habilidades futuras necesarias para aprovecharlas. En la evaluación del medio ambiente, los estudios sobre el futuro ayudan a

los planeadores a prever cambios probables y plausibles en el medio ambiente que pudieran tener un impacto en la organización. También, los futuristas¹⁷ pueden apoyar a identificar las capacidades requeridas por la organización dentro del sector al que pertenecen para mejorar su posición. Cuando las tres etapas anteriores se cubrieron - confirmar la misión, evaluar el ambiente y analizar las capacidades de la organización- los encargados de la gestión de la organización deben elegir metas basadas en cada una de ellas. Los métodos de los estudios sobre el futuro pueden ser útiles para clarificar y facilitar la toma de decisiones. Es en la toma de decisiones en donde, afirma Roney (2010), se requiere trabajo de la academia, tanto en los estudios sobre el futuro como en la planeación estratégica. En la selección de estrategias alternativas y en la implantación de la estrategia, los estudios sobre el futuro pueden apoyar haciendo simulaciones y escenarios con las diferentes estrategias o escaneando y monitoreando el ambiente como una etapa posterior a la implantación (Roney, 2010).

En la literatura de los estudios sobre el futuro, ya se habla de la prospectiva estratégica.

La prospectiva estratégica exige un análisis sistemático de la identificación de las fuerzas impulsoras del cambio antes de desarrollar políticas y planes. Estos esfuerzos están orientados a encontrar soluciones y respuestas de política que puedan dar resultados positivos (Van Duijne y Bishop, 2018, pág. 14).

La prospectiva sumada con la planeación estratégica (prospectiva estratégica) observan el cambio desde la perspectiva de los sistemas. La identificación de las fuerzas de cambio permite a las organizaciones tener una mejor preparación y flexibilidad ante los cambios. El pensamiento sistémico permite identificar a los conductores que afectan los comportamientos en el sistema, así como las interrelaciones y los bucles de retroalimentación entre el resultado y las partes del sistema.

3.4 CONCLUSIONES

Este capítulo retoma marcos conceptuales en donde se identifica el trabajo de los estudios de los futuros en las organizaciones y cómo pueden apoyar a la planeación de las organizaciones. Al mismo tiempo se encuentra que la planeación, en particular la estratégica, se ha desarrollado de forma paralela con los estudios sobre el futuro y cómo el marco de la economía del conocimiento se vincula con la planeación y los estudios del futuro. Al mismo tiempo se muestra que estos marcos permiten identificar y actuar sobre la incertidumbre en las organizaciones mediante los ejercicios de prospectiva.

Se advierte y se entiende en esta investigación que la prospectiva es: parte de la planeación, su trabajo se ubica en el sub-sistema inteligencia del MSV, promueve la generación de conocimiento en las organizaciones.

En el siguiente capítulo se discuten marcos de prospectiva identificados en la literatura académica y que contienen elementos que permiten su adecuación a organizaciones como los ClyDT.

¹⁷ En la literatura académica se les llama futuristas a aquellas personas dedicadas -en la teoría o la práctica- a los estudios sobre el futuro.

4 MARCOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MÉTODO

El objeto de estudio de este trabajo es la prospectiva tecnológica, la cual al mismo tiempo es parte de marco teórico. En este capítulo se revisan los marcos de prospectiva identificados en la literatura académica. Dichos marcos, han sido utilizados en contextos de política pública en Europa. Los marcos fueron seleccionados, entre otros elementos por la cantidad de veces que aparecieron en los análisis bibliométricos realizados y en función del objetivo de los ejercicios de prospectiva. Los marcos fueron analizados y se identificaron los elementos que se consideraron de utilidad para el contexto de los centros de investigación y desarrollo tecnológico (ClyDT), que permitan apoyar la toma de decisiones estratégica.

4.1 PROSPECTIVA TECNOLÓGICA Y PLANEACIÓN

Los marcos de los estudios sobre el futuro identificados en la literatura están orientados a las políticas públicas. Lo anterior les otorga ciertas características propias como el horizonte de tiempo, los recursos, los alcances y posibles resultados.

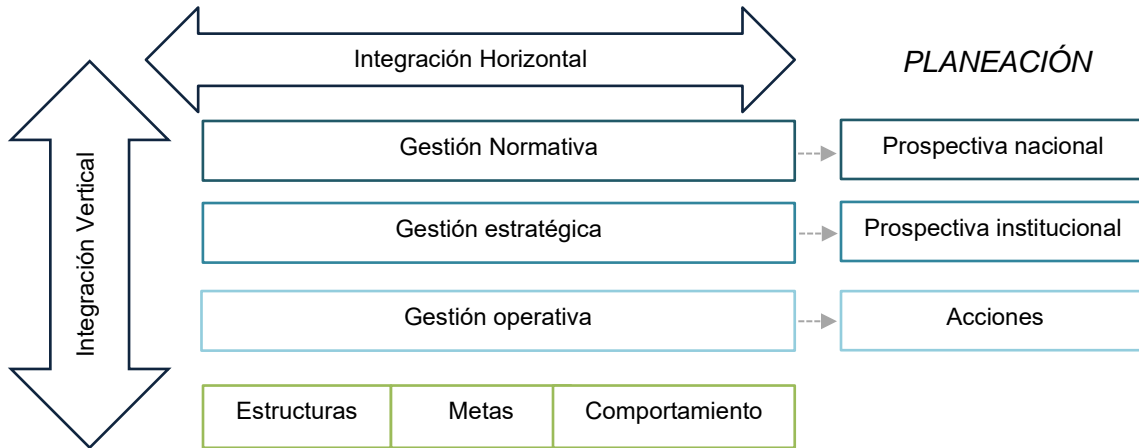
Durante la década de 1990, muchos países de diferentes regiones utilizaron ejercicios de prospectiva en la toma de decisiones sobre planes y políticas estratégicas a nivel nacional. En Corea, la prospectiva tecnológica buscaba aumentar la competitividad de las industrias nacionales mediante el aumento de la capacidad de la ciencia y la tecnología. En América Latina, los esfuerzos de prospectiva tecnológica se han centrado en la búsqueda de tecnologías y productos de utilidad para diferentes regiones. A nivel corporativo la prospectiva tecnológica se ha utilizado para establecer prioridades y la asignación de recursos en investigación y desarrollo tecnológico para garantizar la capacidad de innovación y competitividad en el largo plazo (Daim, Basoglu, Dursun, & Saritas, 2009). Se ha observado que, en los ejercicios a nivel nacional, los intereses tienen que ver con temas de interés colectivo como: suministro y manejo del agua, aprendizaje y cultura, nanotecnología, megaciudades, transporte sustentable, entre otros.

Los ejercicios de prospectiva nacionales se convirtieron en una herramienta importante en la última década del siglo XX. Alsan y Öner (2004) presentan un marco integrado de gestión de la prospectiva, en donde hablan de dos dimensiones de la estructura de los problemas en la gestión: el impacto en el tiempo y los elementos que los constituyen. En la dimensión vertical (impacto del tiempo), se definen diferentes niveles de gestión de acuerdo con el tiempo requerido para la ejecución de las diferentes actividades. La gestión normativa busca el crecimiento y supervivencia de la organización. El nivel estratégico se ocupa de la construcción, mantenimiento y uso del potencial de éxito de la organización. Finalmente, en el nivel operativo la organización realiza la implementación de los objetivos normativos y estratégicos. En la dimensión horizontal (elementos), se consideran la estructura, las metas y el comportamiento. Se basan en el supuesto de que las actividades de gestión influyen en las actividades de la organización de tal forma que manipulan la estructuras, determinan las metas y se crea un patrón de comportamiento básico (Alsan y Öner, 2004).

Alsan y Öner (2004) indican que, de las gestiones normativa, estratégica y operativa relativa a la aplicación de la prospectiva, la normativa y la operativa son las que más se han estudiado. En contraste la aplicación de la prospectiva en el ámbito estratégico es mucho más reciente y comienza a cobrar importancia. En este sentido esta investigación asume

que la prospectiva tecnológica trabaja en los diferentes niveles de la planeación: normativo, estratégico y operativo. De manera concreta, la investigación se centra en la dimensión estratégica de la aplicación de la prospectiva (figura 4-1).

Figura 4-1 Marco de gestión integrada



Basado en (Alsan y Öner, 2004)

Alsan y Öner (2004) hacen un recuento de los resultados y elementos de los ejercicios de prospectiva aplicados a las políticas públicas.

Tabla 4-1 Elementos de la prospectiva en políticas públicas

Conocimiento			
Inteligencia anticipatoria			
Diseminación de conocimiento			
Conocimiento social robusto			
Educación			
Planeación	Organización	Sistema	Personas
Normativa	Características de la organización Balance entre las tensiones intrínsecas Alcance Enfoque tecno-económico vs socioeconómico La prospectiva se vuelve parte de la rutina de la toma de decisiones Involucramiento del gobierno en la prospectiva	Ajuste de Dirección, construcción de la visión Recomendaciones Vínculo directo entre la ciencia y la política tecnológica Plan para la incertidumbre Enriquecer el proceso de creación de políticas Gestión del riesgo	Conexión de los profesionales con la política Previsión vs negociación Crear una cultura de pensamiento de futuro Combinar el cambio tecnológico con la Dirección adecuada para la sociedad Establecimiento de la agenda con una amplia gama de intereses
Estratégica	Número de subáreas Centralizado/descentralizado	Creación de redes de innovación Comparación internacional Determinar prioridades	Acceso a la visión de lo expertos Involucramiento de todos los interesados (<i>stakeholders</i>)

		Establecer prioridades Sistema de alerta temprana para los tomadores de decisiones	
Operativa	Número de temas Delphi Paneles de expertos	Simulación de debate Predicción/prescripción Acciones específicas de seguimiento Ligar el proceso con el resultado deseado	Generación de consenso Número de personas que responden Informal, semiformal Escenarios

(Alsan y Öner, 2004)

En la revisión de la literatura se listan factores de éxito en los ejercicios de prospectiva para políticas públicas. Entre estos factores están:

- Identificación clara del cliente del proceso
- Vínculo claro entre la prospectiva y la agenda política actual
- Enlace directo con los responsables de las políticas
- Asociaciones público-privadas
- Desarrollo y empleo de metodologías y habilidades que generalmente no se usan en ministerios y agencias gubernamentales
- Comunicación clara en el proceso
- Integración de las partes interesadas en el proceso
- Trabajo con los académicos y la posibilidad de capacitación.

Si bien estos factores de éxito se identifican para procesos de prospectiva que se encuentran en la planeación normativa, en la investigación se observan y se buscan adaptar a la planeación estratégica de un CiyDT.

Por otro lado, también en la literatura, se reportan los retos para los practicantes de la prospectiva:

- Crear una nueva cultura con visión de futuro
- Poner mayor atención en el factor humano
- Pensar de forma holística y en redes (soluciones integrales)
- Generar futuros alternativos y poco probables
- Ir más allá de las tendencias

De acuerdo con la revisión de la literatura, la prospectiva debe encontrar respuesta a estos retos y adaptar su proceso en cada organización y para cada ejercicio.

Las organizaciones enfrentan condiciones en las que la prospectiva ha demostrado ser de ayuda:

- Respuesta al incremento en la complejidad y el dinamismo que enfrentan las organizaciones
- Nueva tecnología
- Creciente importancia de los aspectos culturales y sociales
- Cambio de un mercado liderado por el vendedor a uno liderado por el consumidor

- Nuevas formas de cooperación

Estas condiciones, son relevantes a cualquier tipo de organización, ya sean públicas o privadas, de consumo o servicio, etc.

A continuación, se presentan los marcos de la prospectiva que se han utilizado en el ámbito de las políticas públicas y que son retomados en esta investigación.

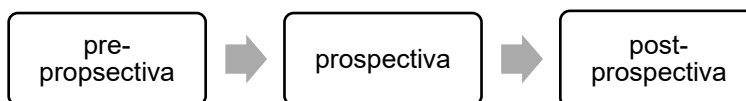
4.2 MARCOS DE PROSPECTIVA INSTITUCIONAL

Este trabajo se basa en marcos revisados en la literatura académica de prospectiva, prospectiva tecnológica y gestión del conocimiento. A continuación, se presentan dichos marcos y los elementos de cada uno que se adoptaron en el diseño (Castillo-Camarena & López-Ortega, Technological foresight as support for the planning of research and development centers: the case of EI-UNAM, 2021).

En primer lugar, de la revisión de la literatura se adopta la idea general aceptada de que el proceso de prospectiva se compone de tres etapas (Irvine y Martin, 1984; Martin, 1995):

- Pre-prospectiva: incluye actividades que se requieren para que inicie el ejercicio. En esta etapa se identifican los objetivos y los recursos necesarios para el ejercicio de prospectiva.
- Prospectiva: etapa en la que se trabaja principalmente la generación de alternativas (futuros, conocimiento, visiones, etc.).
- Post-prospectiva: los procesos que permiten la implementación o incorporación de los resultados del ejercicio de prospectiva.

Figura 4-2 Marco genérico del proceso de prospectiva



Elaborado a partir de la revisión de la literatura

Este un marco general, recurrente en la literatura académica y que en esta investigación se adoptó como base para la construcción del método de prospectiva. Se conservó la idea de una fase de preparación del ejercicio, la fase principal del ejercicio y finalmente los resultados. Estos últimos, deben ser entregados de forma que resulten comprensibles y de utilidad para el usuario final o el tomador de decisiones.

Miles (2002) (Figura 4-3) identifica a la prospectiva como un proceso de fases complementarias:

- Pre-prospectiva o diseño: se definen los objetivos generales y específicos, los encargados del proyecto y la metodología.
- Reclutamiento: se identifican a los involucrados claves.
- Generación de conocimiento: producción de nuevo conocimiento y visiones a partir de los problemas identificados o del conocimiento existente.

- Acción: toma de decisiones que buscan acelerar la innovación y el cambio a través de políticas, estrategias, tecnologías, instrumentos, etc.
- Renovación: esta etapa busca mediante la evaluación la institucionalización de las actividades de prospectiva.

Figura 4-3 Marco de prospectiva de Miles



(Popper, 2008)

En este marco el ejercicio de visualización de los futuros se realiza en la fase de generación. En esta fase se realizan 4 actividades:

- Se amalgaman, se analizan y sintetizan los conocimientos existentes
- Se codifica el conocimiento tácito
- Se generan nuevos conocimientos
- Se crean nuevas visiones e imágenes del futuro

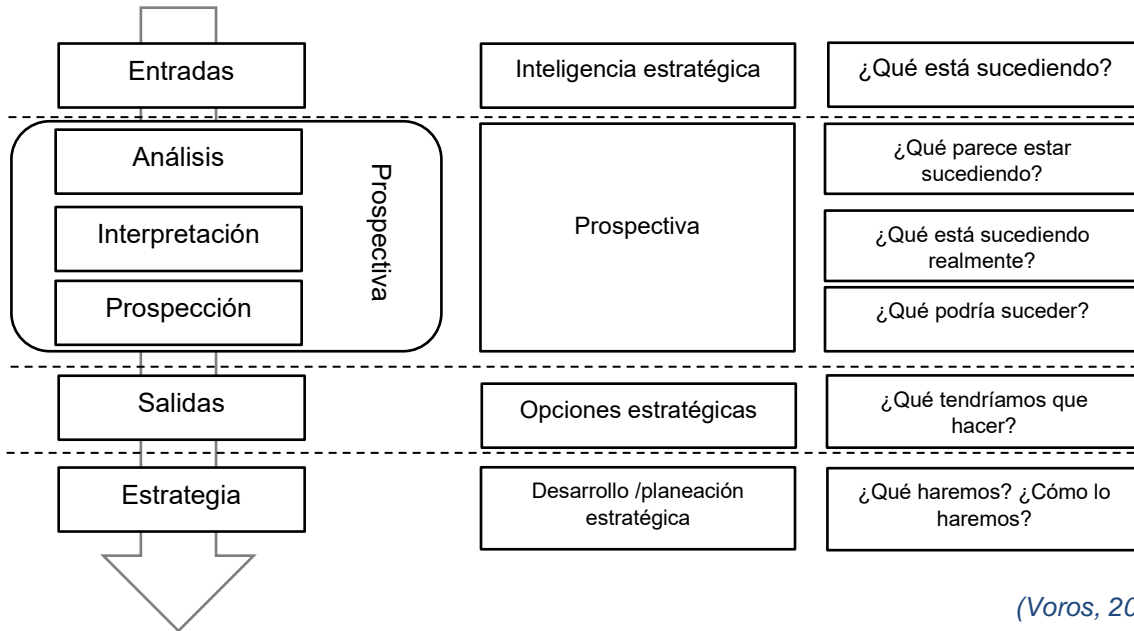
En el marco de Miles, la fase de generación incluye 3 etapas: la exploración, el análisis y la anticipación o prospectiva. En la exploración se busca entender el contexto, la problemática y las tendencias desde el punto de vista de los actores clave del ejercicio. El análisis se identifica cómo el contexto, la problemática y las tendencias se relacionan. Finalmente, en la anticipación se utiliza el conocimiento generado en las etapas anteriores para identificar los posibles futuros o sugerir los futuros deseables (Popper, 2008).

Ahora bien, los conocimientos existentes podrían venir de la fase de pre-prospectiva que en el marco de Voros (2003) (Figura 4-5), es una fase en donde se realiza inteligencia estratégica, la cual da información de lo que está ocurriendo en el ambiente del sistema. Esta nueva información al socializarse entre los involucrados del proceso podría generar nuevo conocimiento.

Voros (2003), presenta un marco en el que se identifican las actividades en cada etapa del proceso de prospectiva y propone una lista de técnicas a usar para cada etapa. En este marco se agrega una cuarta etapa al marco general presentado antes. A la última etapa, Voros la denomina estrategia y de acuerdo con él, en esta etapa la prospectiva ya fue realizada y los resultados ahora están en manos de los tomadores de decisiones, quienes

deberán desarrollar y dirigir las acciones estratégicas para la implementación de los resultados de la prospectiva (Figura 4-4).

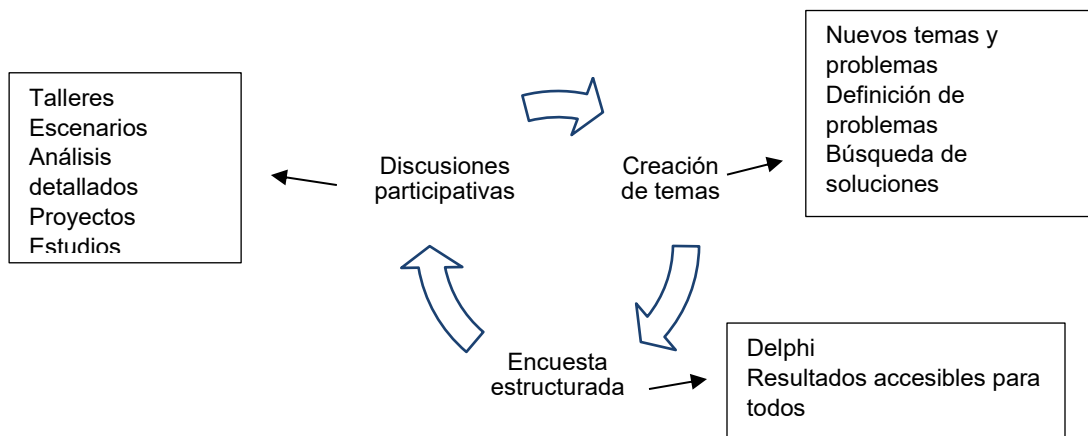
Figura 4-4 Marco genérico de prospectiva de Voros



Los resultados del ejercicio de prospectiva, de acuerdo con Voros (2003) tienen dos finalidades: proporcionar información para la toma de decisiones y la implementación de acciones. Este marco muestra que el trabajo de prospectiva debe hacerse antes de la toma de decisiones estratégicas y de la planeación estratégica.

Por su parte Cuhls (2003) (Figura 4-5), propone un marco que presenta a la prospectiva como un marco continuo que incluye tres etapas: la creación de temas, consultas estructuradas y la participación. Este marco busca facilitar la comunicación entre los participantes.

Figura 4-5 Marco de prospectiva de Cuhls

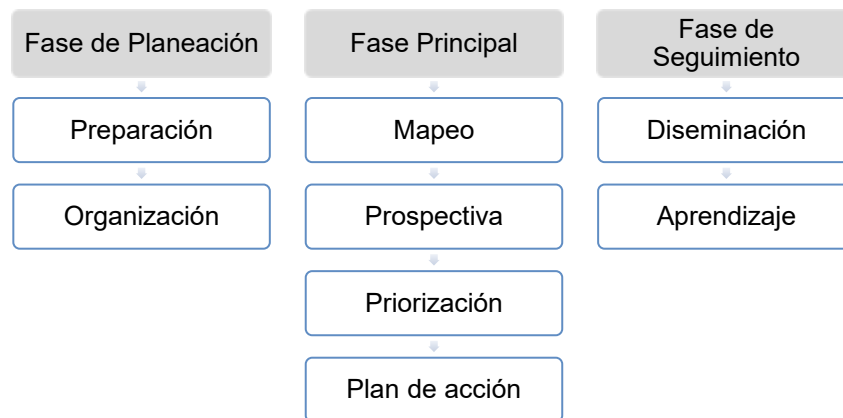


(Cuhls, 2003, pág. 104)

En la literatura académica, la prospectiva ya se acepta como un ejercicio participativo y multidisciplinario. Se busca propiciar un mayor involucramiento de los agentes que puedan contribuir al proceso y a la facilitación del uso de los resultados del ejercicio (Van der Helm, 2007; Rohrbeck y Gemünden, 2010). El marco propuesto por Cuhls (2003) presenta una propuesta para responder a lo anterior. De este marco se retoma la idea de la selección de los participantes y la búsqueda de los mecanismos o herramientas que faciliten su participación y la obtención de resultados.

Un marco más reciente lo presentan Andersen y Rasmussen (2014) (Figura 4-6). Este marco se distingue de otros al presentar un acercamiento más detallado de las actividades a realizar en cada una de las fases. En este marco, la fase de pre-prospectiva se conoce como planeación y en esta fase se identifican los objetivos y recursos que requiere el ejercicio de prospectiva y con los que contará. Esta fase corresponde a la de preparación del ejercicio. La segunda fase, la fase principal, inicia con la identificación del sistema con el que se va a trabajar, seguido de la identificación de tendencias, así como de los desafíos internos y los factores impulsores de cambio, así como la construcción de visiones. En esta misma fase, a diferencia de otros marcos, se encuentran la priorización de las alternativas y acciones propias de la planeación como las recomendaciones y planes de acción. El seguimiento, representa la última fase del marco. Esta fase se enfoca en la diseminación de los resultados que busca la alineación entre los resultados y los *stakeholders*, así como la apropiación de estos. En una etapa posterior en la misma fase, pretende monitorear el aprendizaje producto del proceso de prospectiva.

Figura 4-6 Marco de prospectiva de Andersen y Rasmussen (fragmento)



(Andersen & Rasmussen, 2014)

En la literatura se identifica a la prospectiva como un sistema con interacciones entre tres componentes: conocimientos, capacidades y relaciones (Salo, *et al.*, 2004) (Dufva, *et al.*, 2015). Dufva *et al.*, (2015) definen estos componentes como:

Conocimiento: la producción de nuevos conocimientos y perspectivas sobre posibles desarrollos futuros y las consecuencias de las acciones actuales que ayudan a los interesados a (re) posicionarse en el sistema de innovación.

Relaciones: la creación de nuevas conexiones entre partes interesadas y entre sectores, y la reestructuración y el fortalecimiento de las redes existentes.

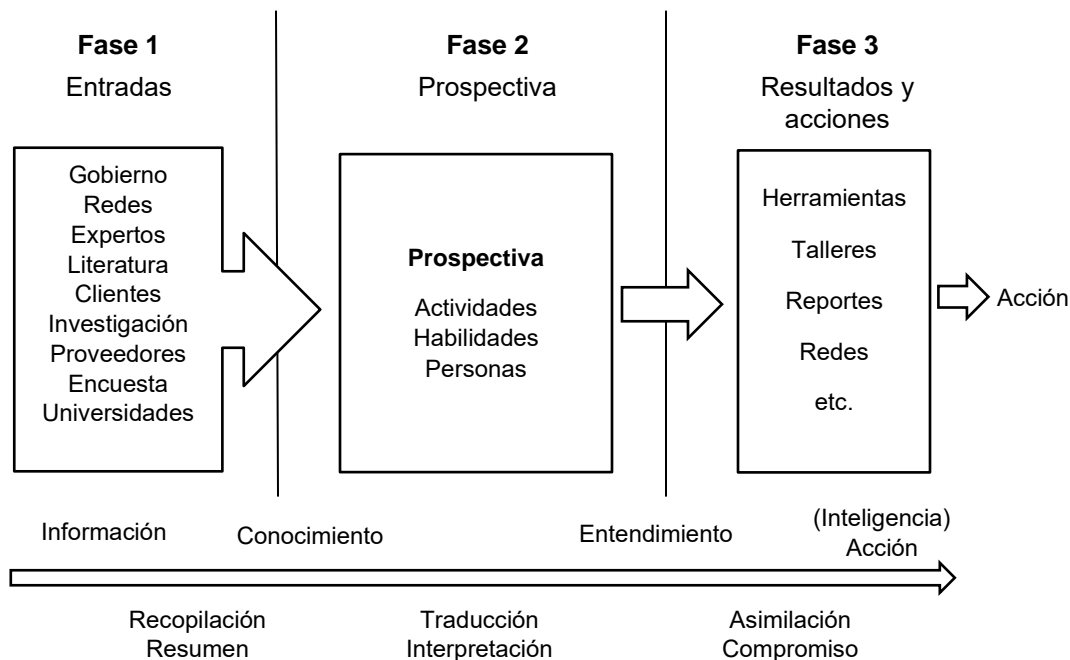
Capacidades: la creación de nuevas capacidades que contribuyen a la orientación futura de una organización y el sistema en general.

Dufva y Ahlqvist (2015) describen estas relaciones de la siguiente manera: el conocimiento forma las capacidades, las capacidades actúan sobre las relaciones y la interacción entre los agentes y finalmente las relaciones afectan la creación de conocimiento.

Se pretende que un proceso de prospectiva permita a los involucrados obtener y generar conocimiento de los datos o la información suministrada en el proceso.

Un marco que retoma esta idea es el de Öner y Göl (2007) quienes retoman el marco de prospectiva de Horton (1999). Horton agrega al marco una cadena de valor que tiene que ver con la transformación de la información en conocimiento, y más aún en inteligencia. Para Öner y Göl, la fase tres -la que llaman resultados y acción- incluye el uso de herramientas que guiarán las acciones (Figura 4-7).

Figura 4-7 Marco de prospectiva y gestión de conocimiento Öner y Göl



(Öner & Göl, 2007, pág. 452)

En este marco, la fase 1 corresponde a la recopilación y resumen de la información disponible, cuyo resultado de acuerdo con Öner y Göl, es conocimiento para la prospectiva. La socialización y externalización del modelo SECI de generación de conocimiento. La fase 2, corresponde a la traducción e interpretación de conocimiento para comprender sus implicaciones para el futuro de la organización. El conocimiento generado y acumulado, debe "traducirse" a un lenguaje que resulte adecuado y entendible para la organización. En esta fase, se da la combinación del conocimiento. Esta fase corresponde al proceso de prospectiva y se debe tener claro lo que se puede y lo que no se puede hacer para el futuro. Finalmente, la fase 3 corresponde a la apropiación, asimilación y compromiso con la acción (internacionalización del conocimiento en el marco del modelo SECI).

En la fase de prospectiva, este marco maneja actividades, habilidades y personas. En otros marcos, la identificación de los involucrados se da en una primera fase. Estos involucrados, son quienes le darán sentido a la información para la organización. La prospectiva cuenta con herramientas que se pueden clasificar mediante el *expertise*, la creatividad, la interacción o la evidencia. Las tres primeras tienen que ver con habilidades de las personas. En el marco de Öner y Göl, se entiende que cada una de las fases contribuye al proceso de conocimiento. Pasar a la siguiente etapa, consume mayores recursos y es más difícil de lograr, es decir, pasar del conocimiento a entendimiento requiere mayores recursos y es más abstracto y difícil de conseguir que pasar de información a conocimiento. Los procesos de prospectiva requieren de personas que estén interesadas y conozcan los temas a tratar, al mismo tiempo de quienes puedan tomar decisiones y den legitimidad al proceso. Entre las actividades se encuentran aquellas dirigidas a la preparación y desarrollo del proceso de prospectiva: diseño, planeación, asignación de recursos, instrumentación, control, revisión, entre otras

Los marcos identificados y presentados antes se revisan mediante el método comparativo. Pliscoff y Monje (2003) identifican en el método comparativo dos estrategias: el análisis de casos y el análisis de variables.

Estrategias	Métodos	Técnicas de Investigación
Análisis de casos	Método comparativo	Sistemas similares Sistemas diferentes
Análisis de variables	Método estadístico	Análisis estadísticos

(Pliscoff y Monje, 2003)

En el análisis de casos, se toma un número pequeño de casos y se comparan de forma global en sus aspectos importantes para llegar a generalizaciones. En esta estrategia, se busca hacer una aproximación al objeto de estudio mediante la identificación de efectos comparables. Posteriormente se realiza un análisis de similitudes y diferencias entre los casos. Pliscoff y Monje recomiendan centrar el análisis comparativo en casos comparables, es decir, similares en un número alto de características (Pliscoff y Monje, 2003).

Tomando en cuenta lo anterior, de los marcos revisados se identificaron elementos o características en las que los autores del campo de conocimiento ponen especial atención y se identifica los elementos comunes entre los marcos. Como parte del proceso de análisis estos elementos o características se agruparon en 6 conjuntos: etapas, contexto, objetivo/propósito, involucrados, métodos/ técnicas y proceso sistemático.

1. Etapas: este conjunto identifica el número de fases en que se divide el proceso de prospectiva. En general se habla de tres grandes etapas, la pre-prospectiva, la prospectiva y la post-prospectiva. En todos los casos la primera etapa corresponde a la preparación del proceso, y las siguientes al proceso mismo de prospectiva. La tercera etapa se refiere a los resultados del proceso de prospectiva. En el caso del marco de Voros, una cuarta etapa busca identificar las estrategias a seguir. En el caso del marco de Miles, es un marco circular en el que una de sus etapas es la renovación, así se entiende que es un marco que busca que el proceso sea continuo.
2. Contexto: se refiere al ambiente en el que se ha utilizado el marco. En general la prospectiva se ha utilizado en el contexto de las instituciones públicas, en el ámbito normativo de la planeación. Marcos más recientes como el de Voros y el propuesto

por Öner y Göl (2007) tienen un enfoque estratégico y están orientados a la organización.

3. Objetivo/ propósito: en este conjunto se agruparon los fines que persiguen los marcos como: toma de decisiones, implementación de acciones, generación de conocimiento, entendimiento de las implicaciones del conocimiento del futuro y el compromiso con la acción entre otros.
4. Involucrados: los marcos de Miles y Andersen y Rasmussen hacen especial mención sobre quienes deben participar en el proceso de prospectiva. No sólo para generar información. Además, busca que participen aquellos que por un lado fomentarán la participación, pero también quienes facilitaran la adopción de los resultados.
5. Técnicas: este rubro se refiere a las técnicas seleccionadas en el proceso de prospectiva. Como ya se mencionó en el apartado de técnicas de la prospectiva, se afirma en la literatura que procesos que utilizaron una combinación de técnicas, obtuvieron mejores resultados. El marco presentado por Cuhls hace explícito el uso de diferentes técnicas en cada una de las etapas propuestas.
6. Proceso sistemático: los marcos revisados han sido aplicados en países con una tradición de prospectiva, así, estos procesos se realizan de forma constante y continua.

Tabla 4-2 Elementos relevantes de los marcos revisados

		Voros	Miles	Andersen y Rasmussen	Cuhls	Öner y Göl
1	Etapas	4	5	3	3	3
2	Contexto	Organizacional	Políticas Públicas	Políticas Públicas	Políticas Públicas	Organizacional
3	Objetivo/ propósito	X	X	X	X	X
4	Involucrados		X	X	X	
5	Métodos / técnicas				X	
6	Proceso sistemático	X	X	X	X	X

Elaborado a partir de la revisión de la literatura

Además, se encontró que en general en los marcos la primera fase sirve de preparación en donde se identifica el objetivo del proceso, los involucrados (dentro y fuera de la organización). Se definen los roles y las responsabilidades de los que guiarán el ejercicio. También se propone realizar un diagnóstico de la organización.

Otro elemento en común de los distintos marcos es que en la segunda fase se identifican los futuros alternativos. La fase prospectiva tiene como entradas información de la fase pre-prospectiva, y es en donde se realiza propio del ejercicio.

Por otro lado, en la siguiente fase Voros (2003) y Göl y Öner (2007), proponen realizar acciones basadas en el conocimiento generado por el proceso de prospectiva que derive en planes o estrategias.

Por otro lado, entre los elementos que se observaron como únicos de los marcos están:

1. El marco propuesto por Miles presenta la idea de renovación en donde se busca que el proceso continúe a través del tiempo en la organización (Popper, 2008).
2. Voros, presenta la idea de aprovechar los resultados de un ejercicio de inteligencia estratégica previo, como insumo para el ejercicio de prospectiva. Además, este esquema propone preguntas que indagar en la cultura de la organización e identificar si esta puede favorecer alcanzar el objetivo del proceso de prospectiva. En este marco, los tomadores de decisiones son los clientes del proceso, quienes utilizarán los resultados para generar acciones estratégicas y tomar decisiones.
3. Culhs (2003) pone especial atención en la idea de facilitar la comunicación entre los involucrados del proceso de prospectiva a través de las diferentes etapas.
4. Andersen Y Rasmussen detallan las actividades en cada una de las etapas del proceso.
5. Por su parte Öner y Göl (2007), presentan una cadena de valor de la transformación de información en conocimiento y finalmente en acciones se retoma en el método propuesto.

Además, del marco de Miles se observa que la fase de generación incluye todo el proceso de prospectiva y en ese sentido, se busca un marco más enfocado en esta fase. Si bien el alcance de este trabajo queda en la fase de prospectiva, en el diseño se plantea la renovación, es decir, que los resultados del ejercicio de prospectiva (n) se consideran como parte de los insumos del siguiente ejercicio (n+1).

Del marco de Voros (2003) se retoma la idea del marco organizacional de la prospectiva, como un aspecto del pensamiento estratégico organizacional, que abre y amplía las opciones disponibles. Del mismo modo, de Cuhls (2003), se retoma la idea de identificar las actividades y técnicas que permitan facilitar la comunicación entre los involucrados en el proceso.

Del marco de Andersen y Rasmussen (2014) además de detallar las actividades, se retoma la idea de estudiar el sujeto del proceso de prospectiva como un sistema, identificando las oportunidades en el medio ambiente, así como de forma interna, los desafíos y oportunidades.

Finalmente, del marco de Öner y Gol (2007) se adopta la cadena de valor, al considerarla relevante dado que el insumo principal en el ejercicio de prospectiva diseñado es precisamente la información. La idea explícita de la transformación de información en conocimiento y finalmente en acciones se retoma en el método propuesto.

Si bien los marcos presentados son similares, presentan elementos que los destacan de los otros. Así, el método que se construye surge de una partición (identificación de las partes que se van a considerar) y combinación de las partes seleccionadas en la partición (Mingers y Brocklesby, 1997).

Una vez identificados los elementos a considerar de los distintos marcos se pasó a la recolección de información. En la siguiente sección se presenta el trabajo realizado para identificar las técnicas utilizadas en los procesos de prospectiva y su comportamiento en los últimos años.

4.3 LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La obtención de la información dependerá del tipo de investigación y los datos que esta requiera. Los instrumentos para la recolección de información estarán hechos a la medida de cada investigación. En el caso de esta investigación, se busca información que permita identificar los temas y líneas de investigación en los que un ClyDT debe trabajar. Se realizó un análisis bibliométrico con el cual se identificaron las técnicas que se han utilizado en los ejercicios de prospectiva.

Sobre las herramientas utilizadas para la recolección de datos en ejercicios sobre el futuro se obtuvo la siguiente información de un análisis bibliométrico. Dicho análisis se realizó con base en las siguientes actividades:

- Identificación a través de *Scopus* de las revistas que publican la mayor parte de artículos relacionados con el tema de prospectiva.
- Importación de los datos bibliográficos de los artículos publicados en tales revistas (título, autores, adscripción, año, palabras clave, entre otros). La importación consideró el periodo 2007-2017.
- Uso de un sistema de cómputo para inteligencia tecnológica (SCIT), que depura la información importada de *Scopus* y genera una base de datos que permite su análisis.
- Análisis de la información contenida en la base de datos.

Se identificaron 18 revistas con el mayor número de artículos relacionados con el tema de prospectiva.

Tabla 4-3 Revistas relevantes para el tema prospectiva tecnológica

No.	Nombre de la revista
1	COMMUNICATIONS IN COMPUTER AND INFORMATION SCIENCE
2	CYBERNETICS AND SYSTEMS ANALYSIS
3	ENERGY POLICY
4	FORESIGHT
5	FORESIGHT RUSSIA & FORESIGHT AND STI GOVERNANCE
6	FUTURES
7	IEEE TECHNOLOGY AND SOCIETY MAGAZINE
8	INTERNATIONAL JOURNAL OF FORECASTING
9	INTERNATIONAL JOURNAL OF FORESIGHT AND INNOVATION POLICY
10	INTERNATIONAL JOURNAL OF TECHNOLOGY INTELLIGENCE AND PLANNING
11	JOURNAL OF FUTURES STUDIES
12	JOURNAL OF TECHNOLOGY MANAGEMENT AND INNOVATION
13	RESEARCH POLICY
14	RESEARCH TECHNOLOGY MANAGEMENT
15	SCIENTOMETRICS
16	TECHNOLOGICAL FORECASTING AND SOCIAL CHANGE

No.	Nombre de la revista
17	TECHNOLOGY ANALYSIS AND STRATEGIC MANAGEMENT
18	TECHNOVATION

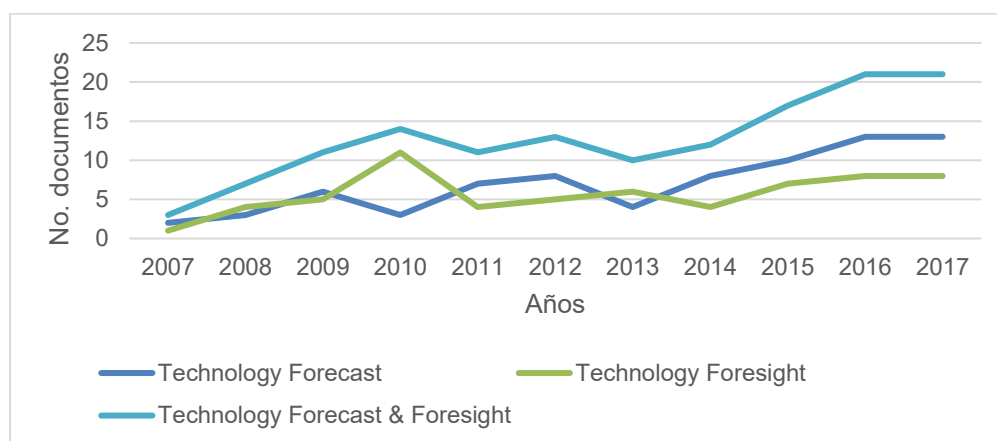
Elaborado a partir de la revisión de la literatura y el análisis bibliométrico

Con base en la información contenida en la base de datos se realizó el análisis bibliométrico sobre el tema prospectiva tecnológica. Para ello, se realizaron las siguientes actividades:

- Se utilizaron por separado las palabras clave *technology forecasting* y *technology foresight*.
- Para cada una se integró un grupo de sinónimos. Por ejemplo, dentro del mismo grupo de *technology forecasting* se agruparon las palabras *technology forecast*, *technological forecast* y así sucesivamente. En el anexo 7.1, se presentan las palabras clave que integran cada grupo.
- En el periodo 2007 – 2017 se identificaron 77 trabajos en las que aparecen alguna de las palabras clave del grupo *technology forecasting* y 63 trabajos del grupo *technology foresight*.
- En solo uno de estos trabajos aparecen palabras clave de ambos grupos. Esto indica que los autores diferencian los dos conceptos de *technology forecasting* y *technology foresight*. Por lo tanto, el análisis corresponde a 139 trabajos.

La Figura 4-8 muestra el comportamiento de los trabajos publicados relacionados con cada uno de los grupos. Se observa que durante los periodos 2007-2010 y 2014-2017 se presentaron importantes dinámicas de crecimiento de los trabajos relacionados con *technology forecasting* o *technology foresight*.

Figura 4-8 Número de documentos relacionados con los conceptos technology foresight y technology forecast



Elaboración a partir de información del SCIT

En general, se ha utilizado indistintamente los términos *technology foresight* y *technology forecasting*, y a partir de 2014 se registra un predominio de este último concepto.

Los cinco países de donde provienen casi la mitad de los trabajos (49.6%) son EE. UU., Corea del Sur, Taiwán, Alemania y China.

Por otro lado, se analizaron las palabras clave que también aparecen en los 139 artículos. Se identificaron 9 grupos de palabras clave más frecuentes las que se muestran en la Tabla 4-4.

En el 55.2% de los 139 documentos analizados aparecen grupos de palabras clave relacionados con el propósito de los ejercicios realizados. El desarrollo de *technology roadmaps*, la identificación de tecnologías emergentes, la planeación tecnológica y el desarrollo de políticas de innovación resultan los principales propósitos por los que se realizaron los ejercicios de prospectiva tecnológica reportados en los 139 artículos.

Tabla 4-4 Grupos de palabras clave más frecuentes

		TECHNOLOGY FORECASTING	TECHNOLOGY FORESIGHT	Subtotales	
Propósito	TECHNOLOGY ROADMAP	13.0%	4.8%	17.8%	55.2%
	EMERGING	11.7%	4.8%	16.5%	
	TECHNOLOGY PLANNING	7.8%		7.8%	
	INNOVATION POLICY	5.2%	7.9%	13.1%	
Técnica	PATENT ANALYSIS	6.5%		6.5%	55.0%
	BIBLIOMETRIC	5.2%		5.2%	
	DEA	5.2%		5.2%	
	DELPHI		23.8%	23.8%	
	SCENARIOS		14.3%	14.3%	
Subtotales		54.6%	55.6%		

(Castillo-Camarena y López-Ortega, 2021)

Por otra parte, en el 55.0% de los 139 artículos se mencionan palabras clave relacionadas con las técnicas utilizadas. En el caso de los artículos relacionados con el grupo *technology forecasting*, las técnicas señaladas corresponden a técnicas cuantitativas tales como *patent analysis*, *bibliometric analysis* y *DEA*. Por el contrario, en el grupo de *technology foresight* las técnicas señaladas corresponden al tipo cualitativo tales como *Delphi* y *scenarios*.

Los artículos del grupo *technology forecasting* hacen mayor énfasis en el propósito del ejercicio en tanto que el grupo *technology foresight* señalan principalmente las técnicas cualitativas utilizadas.

Tomando esta información, en el método propuesto se propone el uso de las técnicas identificadas, además de entrevistas y reuniones con expertos.

La construcción de los cuestionarios propuestos se basa en el libro de Foddy (1993). En este libro se detalla que hay dos métodos de recolección de datos en cuestionarios: las preguntas cerradas (opción forzada) y las preguntas abiertas (recoge información con un punto de vista fenomenológico o subjetivo). En el método propuesto el uso de cuestionarios se propone cuando se solicitaba información a un número importante de participantes y en *Delphi* para acotar la información obtenida. Los cuestionarios también son útiles en preparación para las reuniones con los expertos en cada tema.

Los cuestionarios deben estar contruidos desde los siguientes supuestos (Foddy, 1993):

- El investigador ha definido claramente la información requerida.
- Los encuestados tienen la información requerida.
- Los encuestados son capaces de verbalizar la información solicitada.
- Realizar preguntas sencillas y utilizar un lenguaje con la misma característica.

Para el diseño del ejercicio y de la investigación se revisó literatura académica sobre investigación cualitativa y saturación de datos. Fusch y Ness (2015) argumentan que la saturación de datos es un campo al que no se le pone atención. Generalmente se contempla que la saturación de datos en una investigación se alcanza si hay una de las tres condiciones siguientes (Fusch y Ness, 2015):

- Cuando existe información suficiente para replicar el estudio (O'Reilly y Parker, 2012; Walker, 2012).
- Cuando la capacidad de obtener nueva información fue obtenida (Guest *et al.*, 2006).
- Cuando ya no es factible la codificación adicional (Guest *et al.*, 2006).

La saturación de los datos tiene que ver con la profundidad o riqueza y el grosor de los datos. La riqueza de los datos tiene que ver con la calidad de estos y el grosor con la cantidad de los datos.

Los datos ricos son de muchos niveles, intrincados, detallados, matizados y más (Fusch y Ness, 2015, pág. 1409).

Las entrevistas son un método que facilita la obtención de la saturación de datos. Las preguntas de las entrevistas deben estar estructuradas de tal manera que se pueda replicar el mismo cuestionario base (Fusch y Ness, 2015). Bernard (2012) propone que en la selección de los entrevistados se tomen en cuenta la inclusión de personas que de manera natural no se incluirían, además de personas que se sabe trabajan en el tema y tendrían información especializada.

De acuerdo con Fusch y Ness (2015) luego de entrevistar entre 5 y 8 expertos en el tema de la investigación, se debe formar un grupo de entre 6 y 12 participantes para una sesión que promueva el intercambio de ideas y la creación de concesos, lo cual permitirá alcanzar una saturación de los datos.

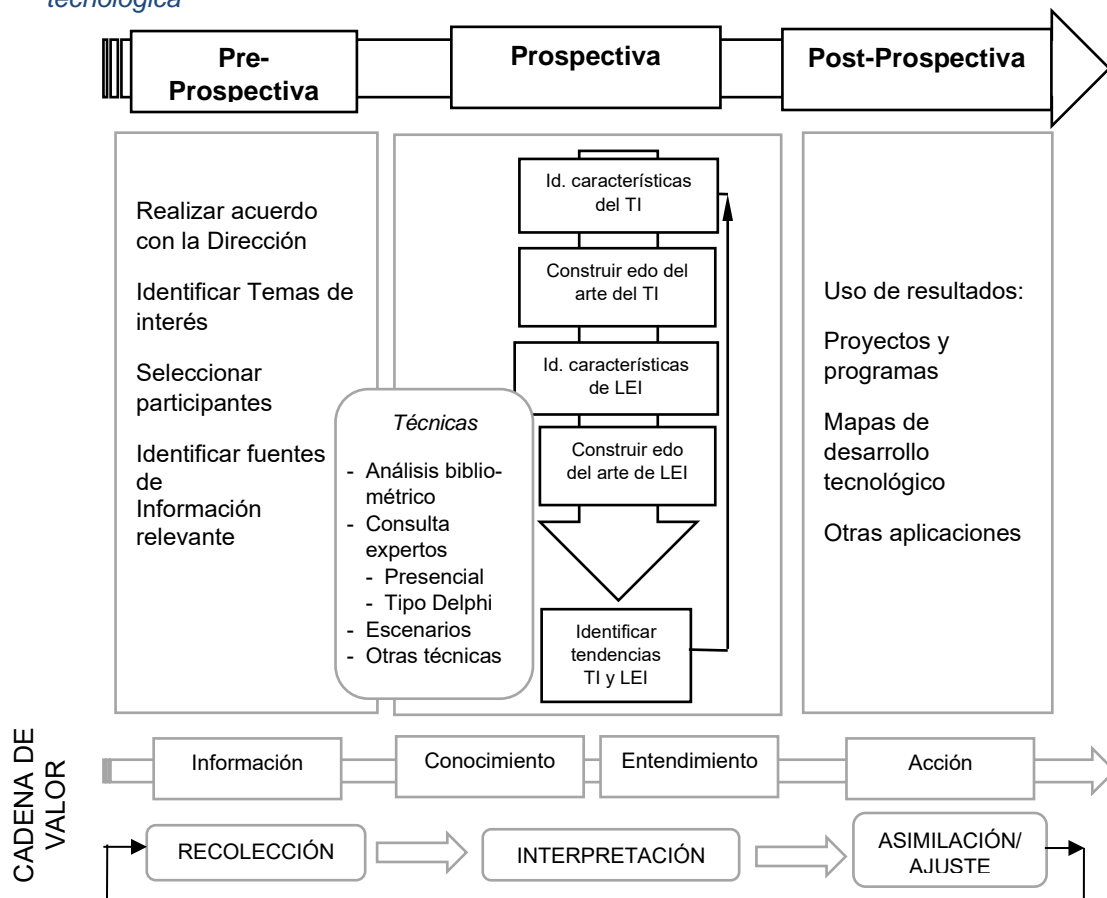
Más aún, Fusch y Ness (2015) retoman a Denzin (2009) quien expone que la profundidad y la saturación de datos en una investigación se puede lograr mediante la triangulación de datos. La triangulación de datos se da, cuando los datos se obtienen de varias fuentes o vía diferentes métodos. En el caso de esta investigación, se propone recopilar datos a través de la inteligencia tecnológica, entrevistas, Delphi y reuniones con el grupo de participantes, principalmente.

4.4 EL MÉTODO PROPUESTO

Esta investigación se enfoca en la etapa prospectiva, la cual se detalla cómo proceso. Se puede afirmar que los ejercicios de prospectiva tecnológica reportados son un modelo de caja negra. Esta investigación abre la caja y se presentan sus actividades.

La Figura 4-9 presenta el esquema de la propuesta para realizar ejercicios de prospectiva tecnológica (PT) en centros de investigación y desarrollo tecnológico (ClyDT). La prospectiva tecnológica se identifica como parte de un proceso de planeación. Más aún, realizando la función inteligencia en el MSV (Hayward, 2004). En el método que se describe a continuación, se incluyen elementos retomados de la aplicación de un primer modelo en el IUNAM.

Figura 4-9 Método de prospectiva tecnológica propuesto para un ClyDT basado en inteligencia tecnológica



(Castillo-Camarena, et al., 2018)

En primer lugar, se adoptó la idea relativa a que los ejercicios de PT pasan por tres etapas (Martin, 1995):

1. Pre-prospectiva. Preparación del ejercicio, que incluye acuerdos con la Dirección del ClyDT, determinación de temas de interés, identificación de fuentes de información relevantes, etc.
2. Prospectiva. Desarrollo del ejercicio en el que se generan nuevos conocimientos.
3. Post-prospectiva. En donde se utilizan los resultados del ejercicio para aplicarlos a diferentes fines relacionados con la planeación institucional.

En la etapa de prospectiva retomando el marco de Voros (2003), se identificó de la aplicación del método, que era conveniente iniciar con el análisis de temas de investigación

de interés para el ClyDT. Este proceso se hace para cada Tema de Investigación (TI) de forma particular. Posteriormente, se identifican y analizan las Líneas Específicas de Investigación (LEI) que la organización cultiva o pretende cultivar. Estas LEI estarán comprendidas dentro del tema de investigación con el que se inició el ejercicio de PT. Este nivel de análisis, el de las LEI, se incorporó después de un proceso de retroalimentación al método aplicado.

Otro punto que destacar es la idea de aplicación recursiva del ejercicio de PT en la organización. Esta idea se expresa a través de la retroalimentación señalada en la parte baja de la Figura 4-9 y en la etapa de la prospectiva. Al término de un ciclo del proceso, se asimilan los nuevos conocimientos (retomado a Öner y Göl, y el modelo SECI) y se realizan los ajustes pertinentes a las acciones definidas a partir de los resultados del ejercicio previo de PT. Posteriormente, se repite el ejercicio con el fin de actualizar, de manera sistemática, los resultados del proceso de PT.

En un nuevo ciclo del proceso, la etapa de Pre-prospectiva es una oportunidad para consolidar los acuerdos con la Dirección con base en los resultados logrados; para integrar nuevos expertos que permitan enriquecer las discusiones colectivas; y para revisar y actualizar las fuentes de información que se consideren relevantes en el tema general y en los temas específicos. Con estas acciones se tiene oportunidad de atender la integración vertical de la que hablan Alsan y Öner (2004), pasando desde la gestión operativa, la estratégica y la normativa.

Tabla 4-5 Fases y actividades principales del método propuesto

FASE / ETAPA	ACTIVIDADES
FASE PRE-PREPROSPECTIVA	
Etapa 1. <i>Integración del Grupo Líder y acuerdo con la Dirección</i>	Integrar el grupo que dirigirá el ejercicio. Acordar con la dirección el proceso para realizar el ejercicio.
Etapa 2. <i>Identificación de los temas estratégicos de investigación</i>	Identificar los temas de investigación considerados como estratégicos para el ClyDT. Seleccionar los temas estratégicos a analizar.
FASE PROSPECTIVA	
Tema estratégico de investigación	
Etapa 3. <i>Integración del grupo de expertos (GE)</i> <i>Primera reunión GE</i>	Integrar el Grupo de Expertos (GE) para cada tema estratégico de investigación a analizar. Identificar las principales fuentes bibliográficas relacionadas con el tema estratégico. Realizar informe bibliométrico relacionado con el tema estratégico y enviarlo a GE.
Etapa 4. <i>Revisión del análisis bibliométrico</i> <i>Segunda reunión GE</i>	Comentar y discutir el informe bibliométrico del GE. Elaborar una propuesta previa de áreas de conocimiento relevantes al tema de investigación analizado.
Etapa 5. <i>Identificación de las áreas de conocimiento en los TEI</i> <i>Tercera reunión GE</i>	Discutir y consensuar las áreas de conocimiento relevantes al tema de investigación analizado. Identificar la actividad investigadora de cada integrante de GE según las áreas de conocimiento relevantes. Realizar un nuevo informe bibliométrico considerando las áreas de conocimiento relevantes y enviarlo a GE.

<p>Etapa 6. <i>Análisis de las áreas de conocimiento y de las LEI</i></p> <p><i>Cuarta reunión GE</i></p>	<p>Analizar la dinámica de cada una de las áreas de conocimiento relevantes.</p> <p>Confirmar la actividad investigadora de cada miembro de GE e identificar la actividad ClyDT según las áreas de conocimiento relevantes.</p> <p>Discutir las áreas de conocimiento relevantes a fomentar en la organización.</p> <p>Identificar líneas de investigación específicas relacionadas con las áreas de conocimiento relevantes a impulsar en la ClyDT.</p>
<p>FASE PROSPECTIVA</p>	
<p>Línea específica de investigación</p>	
<p>Etapa 7. <i>Selección de la línea de investigación específica e integración del grupo de expertos</i></p> <p><i>Reunión con el líder de la línea de investigación</i></p>	<p>Seleccionar con las autoridades la línea de investigación específica y la persona a ser Líder de Línea Específica de Investigación (LLEI).</p> <p>Acordar con LLEI las fuentes bibliográficas y palabras clave relacionadas con la línea de investigación específica.</p> <p>Acordar con LLEI los miembros a ser invitados a integrar el Grupo de Expertos relacionado con la línea de investigación específica (GE-LEI).</p> <p>Realizar un informe bibliométrico relacionado con la línea de investigación específica.</p>
<p>Etapa 8. <i>Consulta Delphi</i></p>	<p>Realizar y enviar nuevo reporte bibliométrico. Realizar consulta Delphi dirigida a identificar acciones necesarias para el desarrollo de la línea específica de investigación</p>
<p>Etapa 9. <i>Conclusiones</i></p>	<p>Integrar acciones propuestas. Validar las acciones con el grupo de expertos</p>

(Castillo-Camarena y López-Ortega, 2021)

A continuación, detalla cada una de las etapas propuestas para la realización de ejercicios de PT en ClyDT.

4.4.1 Fase de Pre-prospectiva

Esta primera fase se considera importante para una adecuada preparación del ejercicio de prospectiva y, de esta manera, asegurar los mejores resultados posibles (Andersen & Rasmussen, 2014). Se contemplan las siguientes actividades.

Realizar acuerdo con la Dirección

La etapa de preparación inicia con el acuerdo de la Dirección del ClyDT. Actividad que se retoma del marco de Andersen y Rasmussen. El principal promotor del proceso de prospectiva tecnológica debe ser el cuerpo directivo del centro. Asimismo, se propone definir a un Grupo Responsable (GR) del ejercicio quien asumirá la coordinación del proceso. El acuerdo con la Dirección permite establecer los canales comunicación necesario en organizaciones estudiadas como sistemas viables.

El resultado de esta subetapa debe incluir una visión clara -por parte de los involucrados (directivos y GR)- de los objetivos a alcanzar y los requerimientos en tiempo y recursos que se deben asignar. Es importante también, tener una idea de los resultados y productos que se esperan del proceso. Sin embargo, durante el primer ciclo del ejercicio generalmente las ideas acerca de estos puntos varían entre los involucrados; es por eso por lo que el GR debe acordar con la Dirección una meta alcanzable en términos de los resultados. De esta

manera se evitará que los intereses particulares de algún participante influyan en el proceso (Martin, 1995). A partir de los ciclos subsecuentes del proceso de PT, los resultados y productos se definen y acotan con mayor facilidad, debido a la experiencia y conocimiento generado.

Identificar los temas relevantes

Uno de los puntos importantes a acordar con la Dirección son los temas relevantes que serán objeto de análisis en el ejercicio de prospectiva tecnológica. Es recomendable realizar el primer ciclo del ejercicio de PT considerando un tema de interés para el CiyDT y en el cual se tenga las mayores competencias. Actividad que se retoma del marco de Cuhls (2003) en su fase de creación de temas.

Como parte del tema inicial de análisis serán identificadas Líneas Específicas de Investigación (LEI) en las que el Centro tenga interés de consolidar o desarrollar. De esta manera, los resultados que se logren en el ejercicio de PT serán más específicos lo que facilitará su incorporación a las decisiones estratégicas del CiyDT. Este nivel de especificidad se identificó tras la aplicación del método y con el apoyo de los participantes. Más aún, se identificó como el tipo de información que este centro requería, por parte de la Dirección y los coordinadores (subsistemas política y coordinación en el MSV).

Seleccionar/inducción de participantes

Con base en el tema de investigación a analizar, el GR propondrá a los expertos que participarán en el ejercicio quienes deberán conocer dicho tema.

Se convoca y realiza una reunión de inducción con los expertos seleccionados para participar en el ejercicio. Esta reunión debe ser convocada por la Dirección del CiyDT. En esta reunión se explica a los participantes, el proceso de prospectiva y lo que se requiere de ellos, principalmente términos de tiempo. Se señalan los factores de éxito del ejercicio los cuales están relacionados con la participación colaborativa de los expertos. Se solicita a los participantes que señalen las principales fuentes de información (revistas y congresos) en los que se difunde el conocimiento relacionado con el tema.

De acuerdo con lo reportado en la literatura, se considera conveniente integrar un grupo de participantes de entre 8 y 15 expertos en el tema a analizar. Las reuniones realizadas, tuvieron este número promedio de participantes y se observó que con este número de participantes en las reuniones se alcanzaron los objetivos planteados y hubo una discusión ordenada entre los participantes sobre los temas tratados.

Preparación del ejercicio

Esta última actividad de la primera etapa consiste fundamentalmente en desarrollar un análisis bibliométrico del TEI, a partir de la información de las fuentes relevantes de información sugeridas por los participantes. Los marcos de Voros (2003) y de Andersen y Rasmussen (2014), hablan explícitamente de la importancia de la preparación del ejercicio. Voros (2003) propone un ejercicio de inteligencia estratégica como herramienta que provee de insumos al proceso.

Así, en primer lugar, se afina la lista de las fuentes relevantes de información proporcionada por los participantes en la actividad previa. Esto se realiza a través de una consulta tipo

Delphi dirigida a delimitar las fuentes de información relevantes en el tema. Para ello, el GR genera un listado consolidado y lo envía a los participantes solicitándoles dos acciones:

- Que califiquen la relevancia de la revista/congreso en el tema.
- Que incorporen las fuentes relevantes de información que no estén listadas y que consideren relevantes. En las nuevas fuentes de información sugeridas por algún experto se solicita que también establezca la calificación de su relevancia en el tema.

El GR procesa las respuestas de los participantes y se reenvían al grupo de expertos. El GR solicita la revisión de su evaluación previa, con base en los promedios que obtuvieron cada una de dichas fuentes. Los resultados de esta segunda iteración con los expertos generan el listado de fuentes de información con el que se realiza el primer estudio bibliométrico. Con base en este estudio bibliométrico¹⁸, se genera un reporte que se envía a los expertos para sentar una base de conocimiento homogénea entre los mismos para iniciar el ejercicio de prospectiva.

De la aplicación del método se incorporó la consulta tipo Delphi entre cada reunión, lo que permitió agilizar la colecta de información y enriquecer el análisis de esta en las reuniones presenciales.

4.4.2 Fase de Prospectiva

Esta fase corresponde a la principal del ejercicio, en la que se genera el conocimiento referente a las tendencias en el tema de investigación y las líneas estratégicas (LEI) analizadas. Se sustenta en diversas consultas y procesos de discusión con el grupo de expertos participantes. A continuación, se señalan las principales actividades que conforman esta etapa.

Primera reunión de análisis

Esta etapa consiste en la realización de un panel con el grupo de expertos participantes. Los paneles se organizan con el fin de reunir conocimientos y generar nuevas ideas en torno al objetivo de la reunión (Popper, 2008).

Tras unos días del envío del primer análisis bibliométrico, tiempo en que los expertos podrán revisarlo, se convoca a una reunión con la siguiente agenda:

- Presentación del SCIT y del reporte bibliométrico enviado.
- Comentarios de los participantes al reporte bibliométrico.
- Propuesta de estructura del tema con base en las áreas del conocimiento involucradas.
- Acuerdos de la reunión.

¹⁸ La bibliometría es un método basado en el análisis cuantitativo y estadístico de publicaciones en un campo del conocimiento específico (Popper, 2008). Linstone (2011) identifica a la bibliometría como una herramienta útil que surgió en la cuarta ola de la prospectiva y con la cual se puede realizar un escaneo del entorno para identificar necesidades emergentes.

El primer punto de la agenda de la reunión corresponde a la presentación de la metodología con la que se realiza el reporte bibliométrico. Este punto de la agenda también comprende una breve presentación de los resultados del reporte bibliométrico.

El siguiente punto de la agenda, corresponde a la discusión concerniente a la estructura del tema. La discusión consiste en establecer los diferentes subtemas de investigación que conforman el tema y, en consecuencia, las áreas de conocimientos que resultan relevantes para su desarrollo. La estructura del tema es un aspecto relevante, dado que con base en ella se identifican las líneas estratégicas de investigación (LEI) de interés para la organización. En la reunión se establece una primera versión de la estructura del tema de investigación en estudio, la cual se ajusta en la siguiente etapa del ejercicio.

Finalmente, la reunión concluye con el establecimiento puntual de los acuerdos referentes al estudio bibliométrico como pueden ser: ajuste en las fuentes de información y en la estructura propuesta del tema.

De la aplicación del método se observó que identificar las LEI en cada TEI, permite disminuir la variedad de la información y una mejor entrega de resultados del ejercicio de prospectiva.

Cumplimiento de acuerdos y validación de la estructura del tema

En este punto el GR realiza los acuerdos establecidos en la actividad anterior. Con base en ellos, se revisa el reporte bibliométrico y se hacen los ajustes a la estructura de conocimientos relacionados con el tema analizado.

Una vez realizados los acuerdos, el GR envía el nuevo reporte bibliométrico y los ajustes a la estructura del tema. Además, se solicita a cada uno de los participantes que ubique sus competencias/intereses de investigación en cada parte de la estructura del tema. Es decir, cada participante deberá señalar en cuáles partes de la estructura del tema realiza su actividad de investigación y desarrollo tecnológico.

Las respuestas de los expertos participantes son nuevamente procesadas por el GR y reenviadas para su conocimiento y en preparación de la siguiente reunión.

Segunda reunión de análisis

Se convoca a una nueva reunión de análisis, después de unos días del envío de la información de la etapa previa. Se solicita a los expertos participantes que revisen los ajustes a la estructura del tema enviada previamente.

La reunión se desarrollará con la siguiente agenda:

- Comentarios al nuevo reporte bibliométrico.
- Presentación de la estructura del tema.
- Presentación de los intereses/competencias de investigación de cada participante, con base en la estructura del tema.
- Discusión sobre Líneas Específicas de Investigación (LEI) en cada subtema dentro de la estructura de conocimientos acordada.
- Acuerdos de la reunión.

El primer punto de la agenda corresponde a una breve discusión de los resultados del nuevo reporte bibliométrico. Posteriormente, se presenta la estructura del tema tecnológico, objeto del ejercicio de prospectiva, con base en los comentarios y sugerencias de los participantes.

En el tercer punto de la agenda se presentan, por parte del GR y de manera simplificada, las áreas de interés/competencias de investigación señaladas por cada participante. Con base en esta información se abre la discusión dirigida a identificar las líneas de investigación específicas que propone cada participante.

Cumplimiento de acuerdos y consulta sobre LEI

En este punto, además de que el GR realiza todos los acuerdos de la reunión, también envía una nueva consulta tipo Delphi relacionada con las LEI propuestas en la reunión anterior. Se solicita que cada participante de su opinión sobre la pertinencia de desarrollar/consolidar cada una de las LEI. Las respuestas son procesadas por el GR y reenviadas en segunda vuelta a los participantes con el fin de que cada uno conozca las razones en pro y en contra, señaladas por los demás (de manera anónima) y, de considerar conveniente, ajusten sus comentarios previos. Las nuevas respuestas de los participantes son procesadas por el GR con el fin de preparar la siguiente reunión de discusión.

En este punto, otra tarea del GR consiste en solicitar a los participantes el establecimiento de las palabras clave asociadas a cada LEI propuestas, con el fin de realizar reportes bibliométricos específicos para cada línea.

Los resultados de la consulta y de los nuevos reportes bibliométricos específicos son enviados a los participantes en preparación de la siguiente reunión de análisis.

Tercera reunión de análisis

La tercera reunión de análisis tiene como objetivo discutir cada una de las LEI propuestas. Dependiendo del número de LEI, se deberá priorizar la discusión considerando en primera instancia aquellas que la Dirección considera más relevantes.

La agenda propuesta para esta reunión es la siguiente:

- Análisis de los reportes bibliométricos específicos por LEI.
- Discusión sobre las instituciones líderes y tendencias tecnológicas en cada LEI.
- Futuros posibles de desarrollo tecnológico en cada LEI y elaboración de escenarios.
- Acuerdos de la reunión.

Los reportes bibliométricos específicos dan la pauta para iniciar el análisis de las tendencias tecnológicas que se pueden observar en las LEI. La posición de las instituciones líderes en cada línea también representa información para sustentar el análisis. Con base en esta información y a la discusión de los participantes concedores de cada línea de investigación, se busca establecer los futuros tecnológicos más probables en el mediano y largo plazos con horizontes de 5 y 10 años.

Un resultado de esta reunión consiste en la elaboración de escenarios para cada LEI estableciendo al menos dos representativos: tendencial y de cambio radical.

Finalmente se establecerán los principales acuerdos de la reunión.

Cumplimiento de acuerdos y validación de escenarios

El GR tiene a su cargo la ejecución de los acuerdos, así como el realizar una consulta tipo Delphi dirigida a validar los escenarios propuestos durante la reunión anterior. Para ello se procesa la información generada en la tercera reunión para enviarse a todos los participantes solicitando sus comentarios y observaciones sobre los escenarios propuestos.

El GR revisa los escenarios con base en las respuestas obtenidas y reenvía una propuesta solicitando a los participantes que señalen el nivel de pertinencia de cada escenario, así como la probabilidad de cumplimiento con respecto a los demás escenarios. Los escenarios deben ser claros y, en la medida de lo posible, excluyentes entre ellos (Amer, Daim, & Jetter, 2013).

Finalmente, el GR procesa las respuestas y envía un informe final de este ciclo del proceso de PT a todos los participantes y a la Dirección del ClyDT.

4.4.3 Fase de Post-prospectiva

Esta fase corresponde al uso práctico de los resultados del proceso de PT. Los resultados del proceso se espera que sean útiles para la planeación y toma de decisiones institucional del ClyDT. Si bien esta etapa queda fuera del alcance del presente trabajo, representa un aspecto fundamental para la evaluación del método que se presenta.

El método propuesto, fue aplicado en el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (IIUNAM), en donde se identificaron siete temas de interés (unidades de análisis). En el siguiente capítulo se presenta la aplicación y resultados obtenidos.

4.5 CONCLUSIONES

Este capítulo concluye con la presentación del método propuesto para realizar ejercicios de prospectiva tecnológica en ClyDT. El método propuesto se basa en la idea de que la prospectiva tecnológica en una organización tiene como fin proveer de información a las organizaciones, para que estas puedan realizar acciones que les permitan adaptarse al entorno. Dicha información les permite identificar en dónde se encuentran, sus capacidades actuales e identificar las oportunidades de desarrollo.

La idea principal en la que se basa el método propuesto es que los ClyDT son organizaciones generadoras de conocimiento, así como que en ellas se encuentran personas que trabajan en los temas de interés. Por otro lado, se observó que se pueden tener mejores resultados si se trata con temas específicos, de ahí surgen en una segunda fase de la etapa prospectiva, la identificación de líneas específicas de investigación (LEI).

De los marcos revisados, se observó que la mayoría han sido aplicados en ejercicios que tienen objetivos sobre políticas públicas, sin embargo, también se han tomado como base para otras aplicaciones de la prospectiva, como por ejemplo la corporativa. En esos marcos, se observa la importancia que tienen los involucrados, así como la determinación de los objetivos. En países con una amplia tradición en estudios sobre el futuro, ya se conoce a la prospectiva como un proceso sistemático.

5 APLICACIÓN DEL MÉTODO PROPUESTO

En este capítulo se presentan los resultados de la aplicación del método en el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, en el tema específico de investigación (TEI) Riesgos Naturales en Ingeniería Civil (RNIC).

Los centros dedicados a desarrollar investigación científica y tecnológica representan organizaciones idóneas para realizar ejercicios de prospectiva tecnológica. Lo anterior debido a dos características:

- Cuentan con personal académico calificado en los diferentes temas de investigación que atienden.
- Requieren realizar procesos de planeación en los que los resultados que proporcionan los ejercicios de prospectiva tecnológica representan un insumo relevante para establecer sus objetivos estratégicos.

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) cuenta con 30 institutos y centros de investigación en las áreas científicas y tecnológicas (Gaceta UNAM, 2018). De acuerdo con el Reglamento de Planeación de la UNAM, en su artículo 5°, fracción V, se señala que:

Artículo 5o.- La planeación universitaria comprende los siguientes instrumentos:

- V. El Plan de Desarrollo de cada entidad académica cuatrienal que incluye el diagnóstico, objetivos y prioridades de cada entidad.

En consecuencia, todas las entidades académicas de la UNAM deben realizar un plan de desarrollo en el que se establezcan las prioridades en cuanto a las actividades de investigación.

El Instituto de Ingeniería es una de las entidades académicas de la UNAM, que realiza investigación en diversas áreas de la ingeniería y corresponde a la unidad de aplicación del método propuesto en el capítulo anterior.

El Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM) es una comunidad integrada por 208 académicos (104 investigadores y 104 técnicos académicos) que realizan anualmente alrededor de 150 proyectos de investigación y/o asistencia técnica y en los que participan más de 800 becarios tanto de licenciatura, especialidad, maestría y doctorado (Álvarez Icaza, 2018).

El IIUNAM se creó en 1957 en Ciudad Universitaria en donde cuenta con diversas instalaciones. Además, en los últimos 15 años se crearon dos unidades foráneas ubicadas en Juriquilla, Querétaro y en Sisal, Yucatán.

Administrativamente el IIUNAM está organizado en cinco secretarías y cuatro subdirecciones académicas. Cada subdirección agrupa a varias coordinaciones o unidades académicas, las cuales están conformadas por grupos de investigación que trabajan en temas de investigación relacionados y/o cercanos. Por ejemplo, en la subdirección identificada como Hidráulica y Ambiental se agrupan dos coordinaciones. Una que integra a grupos de académicos que trabajan en problemas relacionados con el tratamiento de residuos orgánicos, tanto en agua como en tierra, y otra coordinación que integra académicos ocupados en procesos (fenómenos) hidráulicos.

La siguiente figura muestra el organigrama actual del IIUNAM. La actividad de investigación y asistencia técnica se realiza en las 4 subdirecciones académicas.

La misión del IIUNAM es:

Contribuir al desarrollo del país y al bienestar de la sociedad a través de la investigación en ingeniería, la formación de recursos humanos y la vinculación con la sociedad (Álvarez Icaza, 2017, pág. 7).

Por su parte, la visión de la institución está expresada en los tres ámbitos del quehacer institucional:

- *Ser el centro de la investigación de ingeniería más relevante, de mayor calidad y pertinencia en México, con capacidades para competir a niveles internacionales.*
- *Ser generador de conocimientos aplicables a la solución de los grandes problemas de la ingeniería nacional.*
- *Ser formador de nuevas generaciones de ingenieros e investigadores de alta calidad comprometidos con el país (Álvarez Icaza, 2017, pág. 7).*

Para cumplir con su visión y como parte de su proceso de planeación, el IIUNAM desarrolló un proyecto titulado Temas Estratégicos de Investigación (TEI). El proyecto buscó identificar los temas de investigación que el IIUNAM debía consolidar y/o desarrollar, con base en los principales problemas relacionados con el desarrollo del país. Se identificó la oportunidad de realizar en los temas identificados, un ejercicio de prospectiva tecnológica con el fin de establecer aquellas líneas específicas de investigación que se deberían fortalecer o desarrollar para impulsar y orientar la investigación futura y permitir a los tomadores de decisiones comprender y actuar sobre la incertidumbre de medio ambiente. Además de apoyar con información, a la gestión estratégica de la organización.

Así, el método propuesto para realizar ejercicios de prospectiva tecnológica fue aplicado en el contexto del proyecto TEI. Su aplicación permitió realizar ajustes en el planteamiento inicial del método propuesto con base en los resultados que se obtuvieron al término de cada fase considerada.

A continuación, se presenta una reseña de la aplicación del método propuesto en el capítulo anterior.

5.1 ETAPA PRE-PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

La aplicación del método demostró la importancia que presenta el desarrollo de la etapa de pre-prospectiva para lograr resultados de interés.

Esta etapa contempla dos actividades principales: el acuerdo con la Dirección del ClyDT y la determinación de los temas de investigación de interés para la institución.

Además, en esta etapa se realiza la selección de expertos para cada tema, así como la identificación de las fuentes de información relevantes. En el desarrollo de esta etapa se

observó la conveniencia de integrar una actividad correspondiente a la estructuración del tema de investigación.

Al iniciar esta etapa resultó conveniente conformar el Grupo Promotor (GP), quien estará coordinando el proceso de prospectiva tecnológica, y realizando los análisis de la información obtenida de los diferentes actores y fuentes de información.

En las siguientes secciones se señalan los principales aspectos asociados a cada actividad de la etapa de pre-prospectiva con base en la aplicación realizada.

5.1.1 Realizar acuerdo con la Dirección del ClyDT

La primera actividad para desarrollar en la etapa de pre-prospectiva consiste en acordar con las autoridades del ClyDT el desarrollo del proyecto para realizar prospectiva tecnológica. En el caso del IIUNAM, la Dirección estaba interesada en generar conocimientos relativos a los temas de investigación que deberían fortalecerse o desarrollarse en los próximos años. De esta manera, la intención de desarrollar un proceso de prospectiva tecnológica coincidía con el interés de la Dirección del IIUNAM.

El acuerdo con la Dirección del ClyDT, inició con una plática dirigida a conocer las expectativas de la Dirección en cuanto a un proyecto de prospectiva tecnológica. Los resultados esperados consistieron en:

- Identificar los temas de investigación que deberían ser tomados en cuenta para realizar un ejercicio de prospectiva tecnológica y considerados como estratégicos para el desarrollo de la organización.
- De los temas seleccionados, analizar su desarrollo en los últimos años.
- Establecer la pertinencia de fortalecer los temas de investigación analizados e identificar las líneas de investigación prioritarias dentro de dichos temas.

Una vez conocidas las expectativas de la Dirección del ClyDT, se preparó un documento en el que se establecían, entre otros puntos, los objetivos y el método propuesto, los productos esperados en cada etapa del ejercicio, los recursos requeridos y los factores de éxito del proyecto. Este último punto resultaba relevante dado que la participación de la Dirección a lo largo del ejercicio fue fundamental para alcanzar los objetivos planteados.

Se acordó el desarrollo del ejercicio considerando una primera fase que consistía en la identificación de temas de investigación de interés por parte del personal académico del IIUNAM y posteriormente, una selección de los temas de investigación considerados estratégicos para el desarrollo del centro.

5.1.2 Identificar y definir los temas interés

La identificación de temas de investigación de interés para el IIUNAM se realizó con la participación del personal académico del mismo. Para ello, se emitió una convocatoria abierta al personal adscrito a la organización, con el fin de que propusieran uno o más temas de investigación que consideraran relevantes para desarrollar y/o fortalecer por parte de la institución.

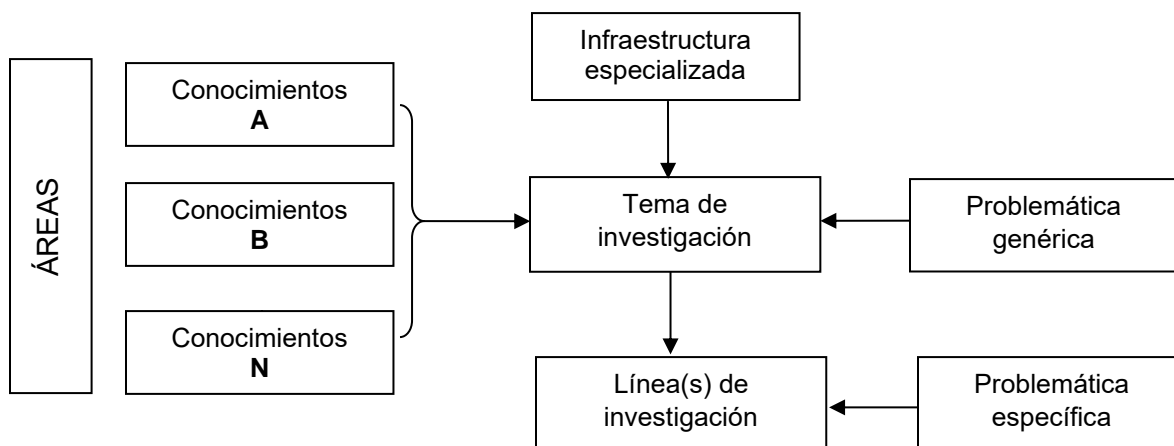
La convocatoria señalaba dos puntos fundamentales. Por un lado, se establecían las partes que deberían contener la propuesta:

- Título del tema de investigación propuesto

- Justificación del tema de investigación
- Identificación de los usuarios específicos de los resultados del tema de investigación

Por otro lado, la convocatoria incluyó una diferenciación entre tema de investigación y línea de investigación (Figura 5-1). El interés de plantear esta diferencia consistía en evitar, en lo posible, que se propusieran líneas de investigación muy específicas dado que el interés de la convocatoria era identificar los temas que pudieran resultar estratégicos para el desarrollo del IIUNAM.

Figura 5-1 Propuesta para diferenciar tema y línea de investigación



(Castillo-Camarena y López-Ortega, 2021)

De acuerdo con la Figura 5-1, un tema de investigación se conforma de diversos conocimientos e infraestructura que se agrupan para atender una problemática genérica. Por ejemplo, una problemática genérica representa el tratamiento de grandes volúmenes de agua residual para modificar sus características y disponer de ellas en nuevas aplicaciones, o bien, su restitución al medio ambiente. Dentro de este tema de investigación existen diversas líneas de investigación relacionadas con el tipo de tratamiento (físicoquímico, biológico, etc.), del tipo de sustancia a eliminar (materia orgánica, metales, etc.), entre otros aspectos.

La convocatoria estableció un plazo de dos semanas para el envío de propuestas. Pasado este tiempo, se recibieron 104 propuestas de temas de investigación. Dichas propuestas se analizaron con el fin de lograr una mayor homogeneidad en cuanto al alcance de cada una. Como resultado del análisis, la lista original fue ajustada y presentada a los Coordinadores correspondientes al tema de investigación. Los Coordinadores, corresponden a los de cada unidad académica del IIUNAM.

A los Coordinadores se les solicitó que analizaran los temas de investigación presentados y cuando fuera posible, los integraran en nuevos grupos con el fin de reducir el número de temas propuestos por los académicos. Del trabajo de los Coordinadores se obtuvo una integración de temas que redujo la lista a 60 temas de investigación.

Posteriormente, se pidió a los Coordinadores que priorizaran los temas de investigación de modo que, con el acuerdo de los académicos, seleccionaran dos temas de investigación

que resultaran del mayor interés para la coordinación correspondiente. Como resultado de dicha priorización, se obtuvieron 24 temas de investigación.

La siguiente actividad consistió en realizar un taller de 8 horas en el que participaron los Coordinadores, los Subdirectores y el Director del IIUNAM. El objetivo del taller fue evaluar cada uno de los 24 temas de investigación con base en dos criterios: pertinencia y competencia del IIUNAM¹⁹.

Durante el taller cada Coordinador presentó brevemente los temas de investigación propuestos. Al término de cada presentación se abrió una sesión para que los participantes en el taller realizarán preguntas y/o aclaraciones sobre el tema de investigación propuesto.

Una vez terminada la sesión de preguntas y aclaraciones, cada participante evaluó la pertinencia y la competencia del IIUNAM para desarrollar el tema de investigación en cuestión. Para la evaluación se utilizó una métrica de cinco niveles. Por ejemplo, para evaluar la pertinencia de un tema de investigación los participantes elegían una calificación con base en la siguiente métrica: 1 = *no pertinente*; 2 = *poco pertinente*; 3 = *medianamente pertinente*; 4 = *muy pertinente*; 5 = *completamente pertinente*. En el caso de la competencia con la que contaba el IIUNAM, se utilizó la siguiente métrica: 1 = *no competente*; 2 = *poco competente*; 3 = *medianamente competente*; 4 = *muy competente*; 5 = *completamente competente*.

El Anexo 2 presenta el documento entregado a cada participante en el Taller para guiar los criterios de evaluación de cada tema de investigación analizado.

Con base en los resultados del taller, se identificaron y seleccionaron siete temas de investigación que resultaban de interés estratégico para el IIUNAM, tanto por la pertinencia en su desarrollo como por el nivel de competencia de la organización. Los siete temas de investigación fueron los siguientes:

1. Confiabilidad estructural
2. Tratamiento de aguas residuales
3. Energías Renovables
4. Gestión Integral de Recursos Hídricos
5. Transferencia de Masa y Energía (TMyE)
6. Análisis y desarrollo de pavimentos
7. Sistemas Dinámicos de Gran Escala (SDGE)

5.2 ETAPA PROSPECTIVA TECNOLÓGICA - TEMA GENERAL

A partir de los siete temas estratégicos identificados, se inició la etapa de prospectiva considerando por separado a cada uno de ellos. La etapa de prospectiva se dividió en dos

¹⁹ La pertinencia de un tema de investigación se relacionó con las necesidades existentes en el espacio social donde se integrarán los conocimientos adquiridos o los resultados obtenidos. Por otro lado, la competencia de la organización se refiere a la capacidad para identificar, interpretar, argumentar y resolver problemas propios de un tema de investigación y considera la integración de conocimientos, habilidades e infraestructura que permite realizar, de manera eficaz y eficiente las actuaciones señaladas.

partes. La primera corresponde al análisis del tema general. Posteriormente se desarrolló la segunda parte de la etapa de prospectiva en la que se analizaron temas específicos de investigación que se desprenden de cada tema general.

En esta sección se reseña la etapa del análisis de uno de los temas generales. Este tema corresponde al llamado inicialmente como *Confiabilidad estructural*, que se refiere al análisis de la infraestructura civil para que resulte resistente a las amenazas a las que está sujeta de acuerdo con el espacio en el que se localiza. En este tema en particular se logró el mayor avance en la aplicación del ejercicio debido a que el tema corresponde al que le dio origen al IIUNAM, por lo que existe un importante número de académicos *seniors*. Además, se contó con una adecuada participación por parte de los académicos invitados a formar parte del ejercicio.

Por las razones anteriores, la aplicación en el tema *Confiabilidad estructural* representó la más completa aplicación del método propuesto para la realización de ejercicios de prospectiva tecnológica en ClyDT; en particular en el Instituto de Ingeniería de la UNAM.

En la sección 5.3, se presenta la reseña correspondiente al análisis de líneas específicas de investigación.

5.2.1 Primera fase. Integración de grupo

En esta fase se acordó con la Dirección el tema estratégico a analizar y los posibles participantes. El tema *Confiabilidad estructural* fue el primer seleccionado debido a su importancia en el quehacer del IIUNAM además del número de investigadores que trabajan en dicho tema, que supera los 40 académicos.

Se acordó con la Dirección que un número adecuado de participantes era de 15, tratando de que fuesen los de mayor experiencia en el tema. Con este criterio, se realizó una lista de investigadores y se convocó a una primera reunión para dar inicio al ejercicio de prospectiva. La reunión fue convocada por el Director quien también la presidió. Cabe señalar que, al igual que en la etapa de pre-prospectiva, la colaboración e interés de la Dirección fue un aspecto importante para lograr involucrar a los participantes en el desarrollo del ejercicio.

En la primera reunión se presentó una síntesis de la etapa previa en la que se identificaron los siete temas estratégicos para el desarrollo del IIUNAM. Asimismo, se dio una explicación del objetivo del ejercicio, que se resume en analizar el desarrollo del tema de interés en el mundo, identificar la posición de la institución y establecer las líneas de investigación necesarias de reforzar y/o desarrollar.

La agenda de la reunión contempló los siguientes puntos:

- Explicación de la etapa anterior (pre-prospectiva).
- Presentación de los objetivos del ejercicio.
- Comentarios y preguntas por parte de los participantes.
- Solicitud de información a los participantes referente a las principales revistas y congresos en los cuales se difunde la mayor parte de conocimientos en el tema de *Confiabilidad estructural*. Esta información sirvió de base para la realización de un análisis bibliométrico, con el que se inició el análisis del tema de *Confiabilidad estructural*. Durante la reunión se entregó a cada participante un formato para que señalaran las fuentes de información solicitadas.

- Conclusión y acuerdos de la reunión. Al término de la reunión se acordó que se realizaría el procesamiento de la información sobre fuentes relevantes de información y se enviarían los resultados a todos los participantes.

Con los académicos participantes en la reunión se integró el Grupo de Expertos en el tema de *Confiabilidad estructural: GE-CE*.

Posterior a la reunión se procedió a integrar la lista de fuentes relevantes de información, la cual fue enviada a cada participante con la solicitud de revisarla y ampliarla en caso de que faltara alguna fuente no contemplada durante la reunión.

Con la lista de fuentes relevantes, se importó la información bibliográfica desde la base de datos especializada *Scopus* con el fin de integrarla a un sistema de cómputo desarrollado por el IIUNAM llamado *SCIT*²⁰.

La información importada e integrada al *SCIT* correspondió a los datos bibliográficos de los trabajos publicados desde el año 2000 a la fecha, en las fuentes de información señaladas por los participantes. A partir de esta información, se realizó un reporte bibliométrico del tema de *Confiabilidad estructural*, el cual fue enviado a los participantes en preparación de la segunda reunión.

5.2.2 Segunda fase. Realizar análisis bibliométrico

Se convocó a una segunda reunión del *GE-CE* con la siguiente agenda:

- Análisis y comentarios sobre el reporte bibliométrico enviado previamente.
- Análisis del comportamiento a nivel mundial del tema y ubicación de la institución (IIUNAM).
- Identificación de las áreas de conocimiento relevantes en el desarrollo del tema de *Confiabilidad estructural*.
- Conclusión y acuerdos de la reunión.

En el primer punto de la agenda se explicó la manera en que se generó el reporte bibliométrico, utilizando el *SCIT* y la lista de fuentes de información propuesta por el *GE-CE*. Se abrió un espacio para comentarios al reporte bibliométrico por parte de los participantes.

A continuación, se pasó al análisis de los resultados del reporte bibliométrico, en especial al comportamiento a nivel mundial del tema de *Confiabilidad estructural* y a la participación de la institución. Los resultados mostraron un dinámico crecimiento en el número de trabajos relacionados con el tema, así como una participación relevante del IIUNAM en particular y de la UNAM en general.

²⁰ Para mayor información sobre el SCIT revisar <http://www2.iingen.unam.mx/es-mx/Publicaciones/GacetaElectronica/EneroFebrero2017/Paginas/SistemadeComputoparainteligencia.aspx>

Tabla 5-1 Principales instituciones que publican trabajos en el tema Confiabilidad estructural

	Institución	País	Total Documentos
1	UNIVERSITY OF CALIFORNIA	UNITED STATES OF AMERICA	1055
2	UNIVERSITY OF TONGJI	CHINA	750
3	UNIVERSITY OF GYEONGJU	SOUTH KOREA	654
4	CHINESE ACADEMY OF SCIENCES	CHINA	612
5	GEOLOGICAL SURVEY OF USA	UNITED STATES OF AMERICA	584
6	SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH	SWITZERLAND	583
7	CIVIL AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING COLORADO SCHOOL OF MINES	UNITED STATES OF AMERICA	569
8	NATIONAL AUTONOMOUS UNIVERSITY OF MEXICO	MEXICO	485
9	UNIVERSITY OF KYOTO	JAPAN	460
10	UNIVERSITY OF TOKYO	JAPAN	451

Elaboración a partir de la información de Scopus procesada por el SCIT

La Tabla 5-1 presenta los nombres de las instituciones que mayor número de trabajos producen en el tema *Confiabilidad estructural*. La UNAM ocupa un lugar relevante al ubicarse como la octava institución que publica el mayor número de trabajos relacionados con el tema RNIC. Se observa un predominio en los trabajos del tema de la Universidad de California en Estados Unidos. Además de este país, en América únicamente figura México entre las primeras 20 instituciones. Por otro lado, las instituciones en Asia tienen una importante presencia en este ranking.

La Figura 5-2 presenta el comportamiento de las publicaciones en el tema de *Confiabilidad estructural* durante el periodo 2000-2017. Se observa que, a partir del número de trabajos publicados anualmente, el tema registra una atención creciente en el mundo que supera una tasa promedio anual de crecimiento del 10%.

Figura 5-2 Comportamiento anual en el número de publicaciones referentes al tema *Confiability estructural* (2000-2017)



Elaboración a partir de la información de Scopus procesada por el SCIT

La Figura 5-3 muestra el número de trabajos publicados anualmente por académicos de la UNAM. Se observa un comportamiento estable alrededor de entre 20 y 35 trabajos anuales.

Figura 5-3 Producción de documentos referentes al tema *Confiability estructural* publicados por académicos de la UNAM (2000-2017)



Elaboración propia a partir de la información de Scopus procesada por el SCIT

El tercer punto en la agenda de la segunda reunión correspondió a la identificación de las áreas del conocimiento relevantes en el tema de *Confiability estructural*. Se observó que las palabras clave dominantes se referían a distintas áreas del conocimiento como se puede observar en la tabla 5.2.

A partir de la información de la Tabla 5-2 se llevó a cabo un intercambio de ideas entre los participantes con respecto a las principales áreas del conocimiento que se reflejaban en las

palabras clave más frecuentes contenidas en el *SCIT* referente al tema mencionado. El Grupo Promotor (*GP*) tomó notas de las ideas expresadas en este punto de la agenda.

Tabla 5-2 Las 24 palabras clave más frecuente en el tema Confiabilidad estructural (2000-2017)

	Palabra Clave	No de Ocurrencias		Palabra Clave	No de Ocurrencias
1	REINFORCED CONCRETE	1162	13	DAMAGE DETECTION	580
2	WAVE PROPAGATION	996	14	EARTHQUAKES	573
3	STRUCTURAL HEALTH MONITORING	925	15	OPTIMIZATION	568
4	EARTHQUAKE	833	16	FINITE ELEMENT ANALYSIS	545
5	FINITE ELEMENT METHOD	806	17	BODY WAVES	541
6	CONCRETE	791	18	BUCKLING	506
7	RELIABILITY	739	19	SEISMIC DESIGN	498
8	BRIDGES	716	20	COMPUTATIONAL SEISMOLOGY	475
9	DUCTILITY	655	21	NONLINEAR ANALYSIS	460
10	SEISMIC TOMOGRAPHY	634	22	SEISMIC RESPONSE	438
11	CRUSTAL STRUCTURE	606	23	NUMERICAL SOLUTIONS	429
12	INVERSE THEORY	597	24	BRIDGE	429

Elaboración a partir de la información de Scopus procesada por el SCIT

Finalmente, se acordó que algunos académicos del *GE-CE* apoyarán al *GP* para desarrollar una versión de las principales áreas del conocimiento involucradas en el desarrollo del tema de investigación, con base en las ideas vertidas durante la reunión. Se propusieron tres académicos para este fin, quienes aceptaron esta tarea.

Posterior a la reunión, el *GP* estableció contacto con los académicos propuestos y se trabajó en la estructuración de las principales áreas de conocimiento involucradas en el desarrollo del tema de investigación. La propuesta preliminar integraba tres áreas de conocimientos y fue consensuada con los tres académicos. Las áreas de conocimiento consideradas fueron: el estudio y análisis de las amenazas a la infraestructura, el estudio y diseño de la infraestructura considerando las amenazas a las que estaría expuesta y la evaluación del riesgo que registra la infraestructura ya construida.

La propuesta se envió a los miembros del *GE-CE* para su revisión, previo a una siguiente reunión.

5.2.3 Tercera fase. Identificar áreas del conocimiento relevantes

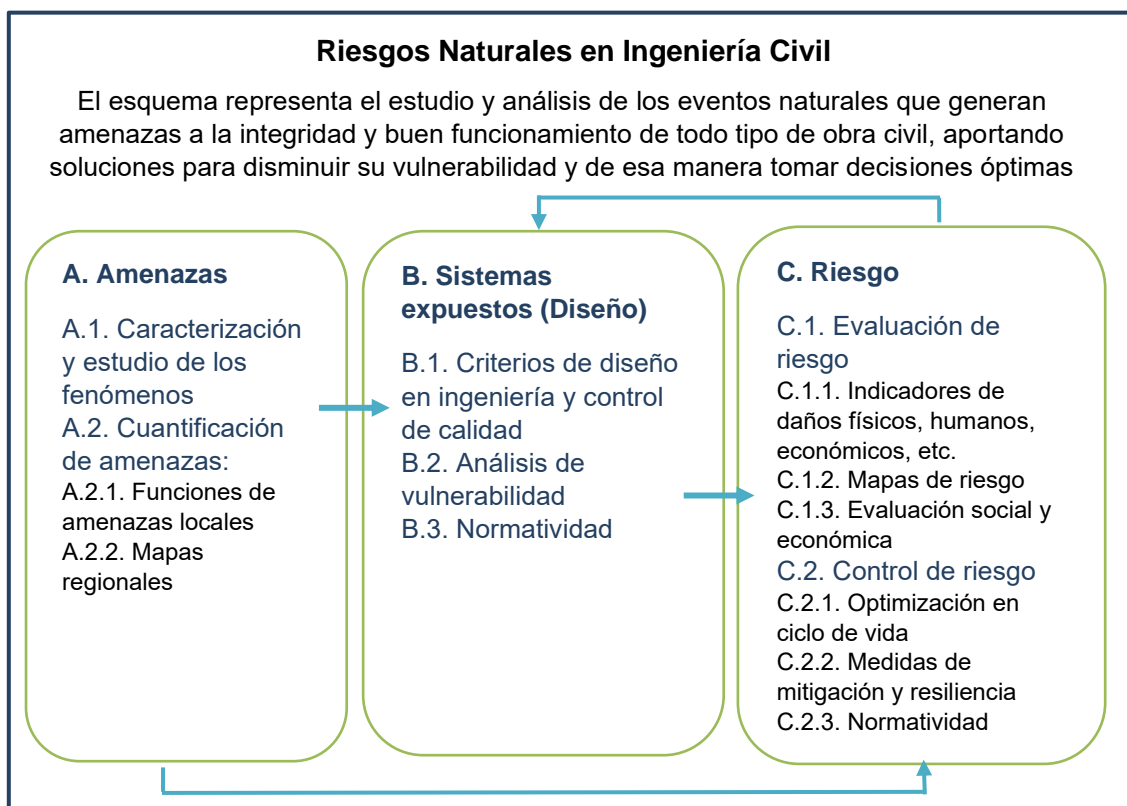
Se convocó a una segunda reunión del *GE-CE* con la siguiente agenda:

- Revisión y discusión sobre la estructura propuesta referente a las principales áreas de conocimiento en el tema analizado.
- Identificación de la actividad de la institución con base en la estructura propuesta.
- Identificación de nuevas fuentes de información a la luz de la estructura de conocimientos del tema analizado.

La mayor parte de la tercera reunión trató sobre el análisis y discusión sobre la estructura propuesta y previamente enviada a los miembros del *GE-CE*. Los resultados se resumen en los siguientes acuerdos:

- Se mantuvieron las tres áreas de conocimiento relevantes para el desarrollo del tema.
- En cada área se identificaron las subáreas de conocimientos más relevantes (ver Figura 5-4)
- Se decidió cambiar el nombre del tema analizado originalmente titulado *Confiablez estructural* por uno más general a la luz de la estructura de las áreas de conocimiento involucradas. El nuevo nombre se acordó como *Riesgos Naturales en Ingeniería Civil (RNIC)*.

Figura 5-4 Esquema que muestra las áreas de conocimientos relevantes para el desarrollo del tema de investigación RNIC.



Elaboración con base en los acuerdos del *GE-RNIC*

En los siguientes dos puntos de la agenda, se solicitó que cada académico que ubicara su trabajo en las subáreas de conocimientos definidas durante la reunión. Asimismo, se pidió que revisaran la lista de fuentes de información previamente establecida considerando las subáreas de conocimientos en los que trabajaba. Lo anterior, con el fin de identificar la cobertura de las fuentes de información de acuerdo con las tres subáreas de conocimientos establecidas como relevantes para el desarrollo del tema. Se señaló que también era posible agregar una nueva fuente de información no considerada en la lista previa.

Se acordó que el GP enviaría a cada académico dos formatos para realizar las dos acciones anteriores, es decir, identificar su ámbito de trabajo con base en el esquema mostrado en la Figura 5-4; y las fuentes relevantes de difusión de conocimientos de acuerdo con las áreas y subáreas de conocimientos. Una vez llenados los formatos se regresaron al GP para su procesamiento.

También se acordó que el GP desarrollaría un esquema de las tres áreas de conocimiento relevantes para el tema de investigación con base en los resultados de la discusión y los acuerdos alcanzados. Este esquema es el que se muestra en la Figura 5-4 el cual se envió para su revisión a los participantes en el grupo de expertos en el tema de investigación anteriormente nombrado como de *Confiablez estructural* y renombrado como *Riesgos Naturales en Ingeniería Civil*. Por lo tanto, el GE-CE se renombró como GE-RNIC

En el Anexo 3 se presentan las definiciones de las áreas y subáreas de conocimientos establecidas en la Figura 5-4.

Con base en las respuestas de los participantes en el GE-RNIC referente a la ubicación de su labor académica de acuerdo con las áreas y subáreas de conocimiento, se construyó la Tabla 5-3. Un experto puede ubicar su trabajo en más de un área o subáreas. Ver Anexo 4, para conocer el detalle.

Tabla 5-3 Áreas de conocimiento en las que se ubica el trabajo de los participantes en el GE-RNIC.

Área	subárea	Número de investigadores	Total
A. Amenazas	A.1 Caracterización y estudio de los fenómenos	7	19
	A.2 Cuantificación de amenazas	12	
B. Sistemas expuestos	B.1 Criterios de diseño	7	26
	B.2 Análisis de vulnerabilidad	9	
	B.3 Normatividad	8	
	B.4 Mapas de exposición en GIS	2	
C. Riesgos	C.1 Evaluación de riesgo	9	15
	C.2 Control de riesgo	6	

Elaboración con base en información del GE-RNIC

De la información de la Tabla 5-3 se observa que el área de conocimientos más trabajada por el GE-RNIC era la referente a la señalada con la letra B: Análisis y diseño de sistema

expuestos, seguida por el área A: Estudio de las amenazas. El área C: Evaluación y control de riesgos, resultó la de menor atención por parte de los participantes en el *GE-RNIC*.

En lo que toca a la revisión de las fuentes de información, con las respuestas de los participantes en el *GE-RNIC* se desarrolló la Tabla 5-4. Con base en esa información se realizó una búsqueda de estas en *Scopus* con el fin de importar al *SCIT* la información de esta base de datos especializada. Se hizo la carga con la información de las revistas encontradas en *Scopus*.

Tabla 5-4 Áreas de conocimientos cubiertas por las principales fuentes de información (revistas)

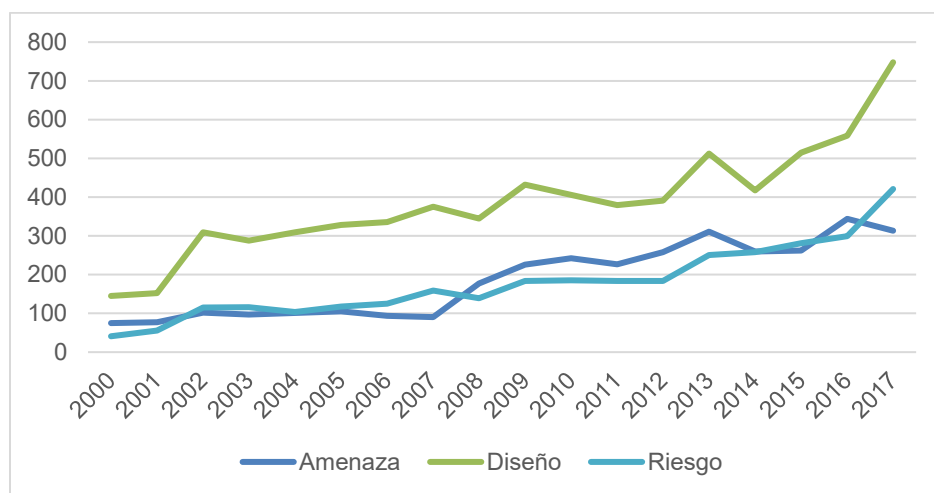
No.	Nombre de la publicación
1	WAVE MOTION
2	TECTONOPHYSICS
3	STRUCTURE AND INFRASTRUCTURE ENGINEERING
4	STRUCTURAL SAFETY
5	STRUCTURAL HEALTH MONITORING
6	STRUCTURAL CONTROL AND HEALTH MONITORING
7	STEEL AND COMPOSITE STRUCTURES
8	SOILS AND FOUNDATIONS
9	SOIL DYNAMICS EARTHQUAKE ENGINEERING
10	SMART STRUCTURES AND SYSTEMS
11	SMART MATERIALS AND STRUCTURES
12	RELIABILITY ENGINEERING AND SYSTEM SAFETY
13	PROBABILISTIC ENGINEERING MECHANICS
14	NATURAL HAZARDS
15	NATURAL HAZARDS AND EARTH SYSTEM SCIENCES
16	MECHANICAL SYSTEMS AND SIGNAL PROCESSING
17	JOURNAL OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR BRIDGE AND STRUCTURAL ENGINEERING IABSE
18	JOURNAL OF STRUCTURAL ENGINEERING
19	JOURNAL OF SEISMOLOGY

No.	Nombre de la publicación
20	JOURNAL OF INFRASTRUCTURE SYSTEMS
21	JOURNAL OF ENGINEERING MECHANICS
22	JOURNAL OF EARTHQUAKE ENGINEERING
23	JOURNAL OF BRIDGE ENGINEERING
24	INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SCIENCE
25	GEOPHYSICAL JOURNAL INTERNATIONAL
26	GEOFISICA INTERNACIONAL
27	ENGINEERING STRUCTURES
28	EARTHQUAKES AND STRUCTURES
29	EARTHQUAKE SPECTRA
30	EARTHQUAKE ENGINEERING AND STRUCTURAL DYNAMICS
31	DISASTERS
32	DISASTER ADVANCES
33	COMPUTER AIDED CIVIL AND INFRASTRUCTURE ENGINEERING
34	CANADIAN JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING
35	BULLETIN OF THE SEISMOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA
36	BULLETIN OF EARTHQUAKE ENGINEERING
37	ADVANCES IN STRUCTURAL ENGINEERING
38	ACI STRUCTURAL JOURNAL

Con estas revistas, se realizó un nuevo análisis bibliométrico para identificar por separado el desarrollo de cada área de conocimientos, así como otros aspectos tales como principales instituciones, participación de la UNAM, etc.

Los resultados del nuevo análisis bibliométrico se presentan en la Figura 5-5.

Figura 5-1 Comportamiento anual en el número de publicaciones considerando cada área de conocimientos relevantes para el tema RNIC (2000-2017).



Elaboración a partir de la información de Scopus procesada por el SCIT

Los resultados mostrados en la Tabla 5-3 y en la Figura 5-5 se enviaron a los participantes en el *GE-RNIC* para su análisis y como preparación para la cuarta reunión del grupo.

5.2.4 Cuarta fase

Se convocó a una cuarta reunión del *GE-RNIC* con la siguiente agenda:

- Comentarios sobre la información enviada previamente.
- Análisis del desarrollo de las áreas del conocimiento relevantes en el tema *RNIC* y participación del IIUNAM.
- Principales conclusiones de la etapa de prospectiva del tema general referente a *RNIC*.

En el primer punto los participantes en la reunión pudieron hacer comentarios sobre la información proporcionada por ellos, referente a las áreas y subáreas del conocimiento en las que se ubicaba su trabajo académico (ver Tabla 5-3). También se analizaron la lista de fuentes de información (revistas) de acuerdo con la cobertura indicada por los miembros del *GE-RNIC* y que aparece en la Tabla 5-4.

Con base en los comentarios se realizaron ajustes a la información previamente proporcionada. Estos ajustes ya se muestran en las tablas correspondientes.

En cuanto al segundo punto de la agenda, los principales comentarios relacionados con el desarrollo de las áreas de conocimiento se resumen en los siguientes señalamientos:

- En general, el desarrollo de las tres áreas del conocimiento tiene un comportamiento similar durante el periodo 2000-2017, aunque el área referente a *Diseño* registra un mayor número de trabajos y representa alrededor del 50% del total de trabajos relacionados con las áreas de conocimientos que sustentan el tema *RNIC*.

- Las tres áreas de conocimientos registran un dinamismo relevante como se puede apreciar a través de las siguientes tasas de crecimiento anual promedio (TCAP) en el periodo 2000-2017:
 - Estudio de las *Amenazas*: 8.77% TCAP en el periodo 2000-2017
 - *Diseño* de Sistemas expuestos: 10.13% TCAP en el periodo 2000-2017
 - Análisis de *Riesgo*: 14.68% TCAP en el periodo 2000-2017
- El trabajo de los académicos participantes en el *GE-RNIC* se concentra, en gran medida, en el área de conocimiento relacionada con el *Diseño*; en menor medida el trabajo de la organización se dedica al estudio y análisis de las *Amenazas*. El área de menor atención corresponde a la de análisis de *Riesgos* el cual representa el de mayor dinamismo a nivel mundial.

Como último punto de la agenda de la reunión, se abrió un espacio para establecer las principales conclusiones del ejercicio de prospectiva del tema general referente a *RNIC*. Entre las conclusiones consensuadas por el *GE-RNIC* se muestran las siguientes:

- El tema de investigación *RNIC* registra un gran dinamismo en el mundo. La UNAM en general y en particular el IIUNAM se ubica como una institución relevante en el desarrollo del tema.
- El área de conocimientos referente al *Diseño* de sistemas expuestos es donde se concentra la mayor actividad, tanto en el mundo como en el propio IIUNAM. Esta área también presenta un importante dinamismo.
- El área de conocimientos relacionada con el estudio de las *Amenazas* es la que crece a un menor ritmo. También representa la segunda en atención en el IIUNAM de acuerdo con los trabajos de los académicos (Tabla 5-3).
- La UNAM y el IIUNAM se han concentrado en el estudio de la amenaza sísmica por lo que en las fuentes de información propuestas por el *GE-RNIC* se aprecia un cierto sesgo hacia este tipo de amenaza. Sin embargo, otro tipo de amenaza importante es la que representan los fenómenos hidrometeorológicos. Este tipo de fenómenos son objeto de estudio de otro tema de investigación estratégico para el IIUNAM (Gestión integral de recursos hídricos). Por lo tanto, el *GE-RNIC* recomendó integrar esfuerzos con los académicos que trabajan en dicho tema.
- El área de conocimientos referente al análisis de *Riesgos* aparece como una oportunidad de desarrollo para el IIUNAM, debido a que representa la de menor atención por parte del personal académico y registra un crecimiento reciente superior a las otras dos áreas.
- Se propusieron diferentes líneas específicas de investigación a fortalecer en el IIUNAM, en particular en el área de análisis de *Riesgos* por las razones expuestas en el párrafo anterior.
- Una de las líneas específicas de investigación en el análisis de *Riesgos* se refiere al estudio de las condiciones estructurales de la infraestructura existente después de haberse sometido a una amenaza. Esta línea de investigación específica recibe el nombre en inglés de *Structural Health Monitoring (SHM)*.

- La llamada *SHM* fue la considerada para la aplicación del método propuesto para el nivel de línea específica de investigación.

5.3 ETAPA PROSPECTIVA TECNOLÓGICA - LÍNEAS ESPECÍFICAS DE INVESTIGACIÓN

En esta sección se reseña la siguiente etapa del ejercicio de prospectiva tecnológica referente al análisis de líneas específicas de investigación. La reseña se sustenta en la línea relacionada con el estudio y análisis de las condiciones de riesgo en las que se encuentran diversas obras de infraestructura. A esta línea de investigación se le denomina monitoreo de la salud estructural, conocida por su nombre en inglés como *Structural Health Monitoring (SHM)*.

SHN es una de las líneas de investigación específica propuesta en la cuarta fase de la etapa del ejercicio de prospectiva tecnológica referente al tema general titulado Riesgos Naturales en Ingeniería Civil (*RNIC*).

Esta etapa del ejercicio se compone de tres fases, las cuales se detallan a continuación.

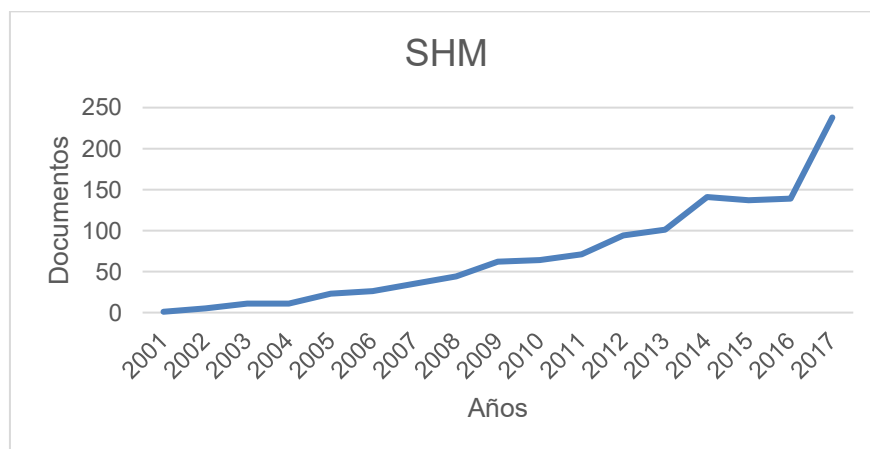
5.3.1 Primera fase

En esta fase la Dirección del IIUNAM acordó con los subdirectores y coordinadores correspondientes las líneas de investigación específicas a analizar en esta etapa del ejercicio. Como se señaló, una de ellas fue la denominada *SHM*.

Se preparó un nuevo reporte bibliométrico a partir de las fuentes de información consideradas en el tema general *RNIC*. Para ello, se integró un grupo de palabras claves relacionadas con la línea de *SHM*. Se integraron a este grupo un total de 69 palabras claves las cuales se muestran en el Anexo 5.

Con base en las palabras clave señaladas, el reporte bibliométrico evidenció un dinámico comportamiento de la línea de investigación específica de *SHM* como se puede observar en la Figura 5-6.

Figura 5-2 Número de trabajos publicados referentes a la línea de investigación SHM (2001-2017).



Elaboración propia a partir de información del SCIT

Considerando que en el año 2001 se publicó solamente un trabajo relacionado con *SHM* y en 2017 se alcanzó un total 227 trabajos, la tasa de crecimiento promedio anual (TCAP) se elevó a 40.4%. Este dato muestra el dinamismo reciente de esta línea de investigación específica.

Por otra parte, el *GP* acordó con la Dirección del IIUNAM al académico que podría liderar al grupo de expertos en el tema de investigación específico referente a *SHM*. En esta línea se propuso a un académico, aunque se podría seleccionar a más personas.

La Dirección envió una invitación específica al académico designado solicitándole su participación en esta etapa del ejercicio. Una vez que el académico aceptó la invitación, el *GP* estableció comunicación y le presentó el reporte bibliométrico previamente realizado.

Uno de los acuerdos establecidos con el académico líder fue proponer a otros académicos para conformar el Grupo de Expertos en la línea de investigación específica referente a *SHM (GE-SHM)*. Se propuso a otros cinco académicos de los cuales tres estaban adscritos al IIUNAM, en tanto que dos laboraban en otras organizaciones.

La Dirección del IIUNAM envió por escrito la invitación a participar en el ejercicio a los académicos propuestos y, en caso de aceptar, se convocó a una primera reunión de trabajo. Junto a la convocatoria se anexó el reporte bibliométrico realizado previamente.

La agenda de la primera reunión contempló los siguientes puntos:

- Explicación de la etapa anterior (prospectiva tecnológica en el tema general referente a *RNIC*).
- Presentación de los objetivos del ejercicio.
- Discusión sobre el reporte bibliométrico enviado previamente.
- Acuerdos de la reunión.

En la primera reunión se presentó una síntesis de la etapa previa en la que se analizó el desarrollo del tema *RNIC*. Se establecieron las áreas de conocimiento relevantes y se identificaron las posibles líneas de investigación específicas que serían objeto de un análisis detallado.

Posteriormente, se presentó el objetivo del ejercicio que se resume en analizar el desarrollo mundial de la línea de investigación específica, identificar a los principales actores en su desarrollo reciente (instituciones e investigadores) y esbozar los principales problemas y propuestas de solución planteadas referentes a la línea de investigación *SHM*.

El tercer punto de la agenda consistió en discutir el reporte bibliométrico previamente enviado, a la luz del objetivo del ejercicio. Además del reporte bibliométrico, se realizó una demostración de la información que aporta el *SCIT* referente al tema general de *RNIC*.

Al término de la reunión se tomó el siguiente acuerdo: los participantes en el *GE-SHM* revisarán las fuentes de información (revistas y congresos) y las palabras clave referentes a *SHM* para integrar. Si fuera necesario, se incorporarían otras fuentes de información y palabras clave relevantes en la línea de investigación específica *SHM*. Los resultados de esta revisión se enviaron al *GP* para su integración a las fuentes de información y palabras claves.

Una vez actualizadas las fuentes de información y el grupo de palabras clave, el *GP* realizó y envió un nuevo reporte bibliométrico al grupo de académicos participantes en preparación a la siguiente fase del ejercicio.

Se propuso el uso del *SCIT* por parte de los expertos para contestar diversas preguntas a través de un ejercicio Delphi. Entre otras, identificar la posición de la institución y establecer las líneas de investigación necesarias de reforzar y/o desarrollar. Revisión de las fuentes de información y analizar las tendencias en la sección desarrollada para este fin en el *SCIT*.

5.3.2 Segunda fase

La segunda fase correspondiente a la etapa de prospectiva tecnológica en una línea específica de investigación se sustenta en una encuesta tipo Delphi dirigida a los participantes en el *GE-SHM*. Este tipo de encuesta facilita la participación de los expertos adscritos a otras organizaciones al no tener que asistir a reuniones presenciales. Asimismo, ofrece mayor tiempo a los consultados para elaborar sus análisis sobre la situación de la línea de investigación en estudio.

Para este tipo de consulta se elabora un cuestionario diseñado para realizar varias iteraciones con los encuestados. Se inicia con cuestionamientos sobre aspectos generales, se procesan las respuestas y se vuelve a consultar sobre aspectos cada vez más particulares.

Para responder a las preguntas del cuestionario a enviar, los participantes cuentan con tres fuentes:

- El nuevo reporte bibliométrico enviado por el *GP*, en el que se incorporaron los resultados de la revisión hecha por el *GE-SHM* al término de la fase anterior.
- La consulta directa al *SCIT-SHM* por parte de los participantes en el *GE-SHM* para identificar autores e instituciones relevantes, títulos y palabras clave de documentos seleccionados, coocurrencia de palabras clave, dinámica en diferentes periodos de aspectos seleccionados, entre otros.
- El conocimiento propio de cada experto consultado.

La consulta Delphi se dirige a cuestionar a los participantes en el *GE-SHM* sobre los siguientes puntos:

- Las fortalezas o debilidades que existen para el desarrollo en México de la línea de investigación referente a *SHM*.
- La infraestructura necesaria para el fortalecimiento de la línea de investigación referente a *SHM*.
- La formación de recursos humanos altamente capacitados para el fortalecimiento de la línea de investigación referente a *SHM*.
- El tipo de proyectos a desarrollar para el fortalecimiento de la línea de investigación referente a *SHM*.
- Otros aspectos relevantes para el fortalecimiento de la línea de investigación referente a *SHM*.

En cada iteración el *GP* revisa y procesa las respuestas, enviando un siguiente cuestionario en el que se resumen las respuestas de la iteración previa y se cuestiona sobre aspectos de mayor detalle relacionados con las respuestas recibidas.

Al término de la consulta Delphi, el *GP* realiza un reporte de los resultados para enviarse a los participantes como preparación a la siguiente fase de esta etapa.

5.3.2 Tercera fase

Esta tercera y última fase se sustenta en una reunión presencial con la siguiente agenda:

- Comentarios sobre el reporte de los resultados del ejercicio Delphi.
- Acciones para desarrollar para construir/fortalecer las competencias en *SHM*.
- Acuerdos sobre siguientes actividades del *GE-SHM*.
- Conclusión y agradecimiento.

El primer punto de la reunión consiste en abrir un espacio para que cada participante realice comentarios sobre los resultados de la consulta Delphi.

Posteriormente se pasará a una sesión en la que se discutan y definan acciones necesarias para fortalecer las competencias en la línea de investigación específica de *SHM*. Con base en los resultados de la consulta Delphi, las acciones estarán bosquejadas en los diferentes ámbitos de actuación; es decir, infraestructura, formación de recursos humanos, proyectos a desarrollar y otros aspectos relevantes. La idea de esta segunda sesión consiste en priorizar las diferentes propuestas e integrarlas considerando los diferentes ámbitos de actuación.

Por consiguiente, los resultados de la segunda sesión de la reunión será la definición de las acciones a realizar durante los siguientes 5 años a partir de la realización de esta fase. En cada acción se propondrá una entidad responsable o ejecutora de la acción. La entidad puede ser interna a la organización (en este caso el IIUNAM), o también externa.

El resultado obtenido en la segunda sesión de la reunión corresponde al objetivo del ejercicio de prospectiva tecnológica a nivel de línea específica de investigación. Sin embargo, los participantes en el *GE-SHM* pueden mostrar interés por continuar acompañando el desarrollo de las acciones previstas. Por consiguiente, se prevé una tercera sesión de la reunión en el que los participantes propongan la consecución de actividades como grupo: reuniones, proyectos conjuntos, comunicaciones, reportes de avances, promoción de la línea de investigación ante instancias gubernamentales, etc. La idea es capitalizar, si fuese el caso, la sinergia lograda en el *GE-SHM* en cuanto a interés por desarrollar la línea de investigación analizada.

Finalmente, se formalizará la conclusión del ejercicio con el agradecimiento de las autoridades de la organización (en este caso del IIUNAM) a todos los participantes del *GE-SHM*.

6 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Este trabajo tuvo como principal objeto de estudio la Prospectiva Tecnológica (PT). La revisión de la literatura permitió identificar una estructura del campo de estudio, así como marcos utilizados para su aplicación.

Como se expuso en el capítulo 2, la prospectiva es un campo en crecimiento y de acuerdo a diversos autores (Hideg, 2007) (Barré & Keenan, 2008) (Andersen & Rasmussen, 2014) (Son, 2015), el campo de estudio se ha desarrollado de forma desarticulada entre la teoría y la práctica. En la literatura se habla de esta desarticulación cuando se señala que muchos de los ejercicios de prospectiva que se realizan, se llevan a cabo sin una revisión previa de la literatura de los estudios sobre el futuro.

Por lo anterior, y con base en la revisión de la literatura y del análisis bibliométrico realizado sobre el tema se observó, un importante dinamismo del campo de estudio en los últimos años y dos grandes vertientes en el campo de estudios: la teoría y la práctica. Más aún, se identificó un tercer conjunto de documentos dedicados al estudio y desarrollo de las herramientas de la prospectiva.

Los países que han tenido un importante avance tecnológico se encuentran entre los primeros lugares en la divulgación de trabajos sobre prospectiva tecnológica. Del mismo modo, países con una cultura importante de participación democrática, también recurren a este tipo de ejercicios como guía para el desarrollo de políticas públicas (países de la Unión Europea).

La PT se refiere en particular al estudio de la situación y tendencias en temas tecnológicos específicos, que buscan el desarrollo y mejora de las condiciones sociales, económicas y competitivas, en el mediano y largo plazos. La PT no solamente la practican gobiernos y entidades públicas, también resulta una herramienta útil para proveer de dirección a las organizaciones, identificar las estrategias y los recursos necesarios, así como favorecer la toma de decisiones. De modo que, la prospectiva resulta de utilidad en los diferentes niveles y ámbitos de la planeación.

En el capítulo 3 se expuso que en el ámbito de la planeación estratégica y de las organizaciones, la PT corporativa se desarrolla por la necesidad de establecer las tendencias tecnológicas que afectan a las organizaciones. La prospectiva se entiende como parte de la planeación y en la literatura se habla del desarrollo en paralelo que están teniendo la prospectiva y la planeación estratégica. Ya se advierten intersecciones entre ambos campos y la sinergia trabajándolos de manera conjunta (Cuhls, 2003) (Munck & McConnell, 2009) (Rohrbeck & Gemünden, 2010) (Rohrbeck, Battistella, & Huizingh, 2015).

La PT, al igual que los estudios sobre el futuro, es un campo en crecimiento. La literatura académica de la PT es relativamente reciente y son pocos los artículos dedicados a centros de investigación y desarrollo tecnológico (ClyDT). La aportación de México a la literatura del campo de estudio es escasa. Lo anterior, motivó esta investigación, que buscó aportar a la práctica de campo de estudio experiencia en un contexto poco reportado en la literatura académica.

Los ClyDT se consideran organizaciones idóneas para realizar ejercicios de PT, dado que son instituciones que se dedican primordialmente a la investigación y tienen necesidad de realizar planeación. Además, disponen de expertos en los temas tecnológicos de interés. Los ClyDT son organizaciones inmersas en la generación de conocimiento. Un tipo de conocimiento relevante consiste en prever el desarrollo tecnológico en los temas tecnológicos de su interés. Por este motivo, la forma en que se genera conocimiento en una organización fue uno de los enfoques teóricos que se integró al marco teórico de la investigación.

A pesar de la idoneidad de los ClyDT para realizar ejercicios de prospectiva tecnológica, son limitados los ejercicios en este contexto. Los ejercicios reportados dan cuenta principalmente de los resultados obtenidos.

Por otro lado, se tomó como base el modelo de sistemas viables (MSV), el cual permite identificar los subsistemas que conforman una organización y sus relaciones. De particular interés para esta investigación fue el subsistema 4: inteligencia, el cual se ocupa de la prospectiva y el desarrollo futuro de la organización.

La investigación y el método aquí propuesto para realizar ejercicios de PT se sustentaron de forma importante en la bibliometría. Así, se realizó un análisis bibliométrico sobre los estudios del futuro, el cual permitió visualizar la estructura del campo de estudio y la dinámica de este. Se identificaron además de las instituciones que con mayor frecuencia reportan trabajos relacionado con el tema, a los actores que están trabajando en el campo de estudio, así como las técnicas más utilizadas en ejercicios de prospectiva tecnológica, por ejemplo: consultas tipo Delphi, análisis bibliométrico, escenarios, entre otras.

En particular, se identificó el uso creciente de los análisis bibliométricos en los ejercicios de prospectiva, como fuente de información (insumo para el ejercicio). Con base en los resultados, se observó que una práctica cada vez más frecuente en los ejercicios de prospectiva, es el uso de más de una técnica e incluso, la combinación de técnicas cualitativas y cuantitativas. Así mismo, se observó la importancia de la incorporación de expertos, como actores del proceso de prospectiva, pero también para validar el mismo.

En la literatura se identificaron marcos para realizar PT, los cuales se presentaron en el capítulo 4 de este trabajo. Se revisaron cada uno de ellos, observando los elementos que tenían los marcos en común, así como aquellos que los diferenciaban de los otros marcos.

En el marco propuesto por Miles, se presenta la idea de renovación en donde se busca que el proceso continúe a través del tiempo en la organización. Por su parte Voros, presenta la idea de aprovechar los resultados de un ejercicio de inteligencia estratégica previo como insumo para el ejercicio de prospectiva. Culhs pone especial atención en la idea de facilitar la comunicación entre los involucrados del proceso de prospectiva a través de las diferentes etapas. Por su parte Andersen Y Rasmussen detallan las actividades en cada una de las etapas del proceso de prospectiva. Finalmente, Öner y Göl, presentan una cadena de valor de la transformación de información en conocimiento y finalmente en acciones se retoma en el método propuesto.

De estos marcos se retomaron en el método presentado ciertos elementos: Del marco de Miles se retoma la idea de renovación, es decir, en donde los resultados de un ejercicio de prospectiva se retoman como insumo para el siguiente. Del marco de Voros (2003) se

retomó la idea del marco organizacional de la prospectiva, como un aspecto del pensamiento estratégico organizacional, que abre y amplía las opciones disponibles. De Cuhls, se retomó la idea de identificar las actividades y técnicas que permitan facilitar la comunicación entre los involucrados en el proceso. Del mismo modo, del marco de Andersen y Rasmussen (2014) además de detallar las actividades, se retomó la idea de estudiar el sujeto del proceso de prospectiva como un sistema, identificando las oportunidades en el medio ambiente, así como de forma interna, los desafíos y oportunidades. Además, del marco de Öner y Gol se adoptó la cadena de valor, que busca la transformación de información en conocimiento y finalmente en acciones se retoma en el método propuesto.

Con la información anterior como base, se generó una propuesta que incluye elementos que se identificaron como pertinentes para ClyDT. En general, los ejercicios de PT incluyen tres etapas en su desarrollo: pre-prospectiva, prospectiva tecnológica y post-prospectiva. Las dos primeras fases, consisten en la preparación y desarrollo de los ejercicios de PT. La tercera etapa corresponde al uso de los resultados del ejercicio. En el presente trabajo se desarrollaron las dos primeras etapas.

Los marcos se relacionan con PT en temas específicos; por lo tanto, la propuesta considera el análisis de temas tecnológicos específicos de interés para la organización interesada. Es decir, se considera que se debe realizar cada ejercicio de PT contemplando, por separado, cada tema tecnológico de interés para el ClyDT.

Se aplicó la propuesta a un tema de investigación de interés para el IIUNAM. La recolección de la información durante el ejercicio de prospectiva se realizó a través de distintas técnicas como la bibliometría, las reuniones de expertos, las encuestas tipo Delphi y entrevistas. Por otro, se identificó que, al trabajar en un tema a la vez, se disminuye la variedad y se obtienen resultados más específicos que fueron de mayor utilidad para los tomadores de decisiones. Se capitalizó el interés institucional por identificar y evaluar las tendencias tecnológicas en temas de investigación específicos.

El método propuesto se aplicó al tema de investigación llamado Riesgos Naturales en Ingeniería Civil (RNIC).

De la aplicación del método propuesto se observó:

Se observó la importancia de la adecuada ejecución de la fase de pre-prospectiva. Esta fase resulta importante ya que de ella parte el ejercicio de prospectiva, no solo en términos de los recursos, pero también y fue un elemento importante en el ejercicio realizado, la información que se genera en esta etapa. Ya en el esquema de Voros (2003), se propone el uso de la inteligencia tecnológica en esta primera fase. Tener un acercamiento con el equipo directivo del ClyDT y más importante la participación del director de este, fueron factores que se identificaron como de éxito para este trabajo.

Se identificó que integrar en la etapa pre-prospectiva la actividad de estructuración del tema, fue conveniente para el trabajo posterior con los participantes.

Se observa la importancia de contar con la flexibilidad para adaptar y alinear los objetivos de acuerdo con los resultados que van surgiendo y a la retroalimentación de la Dirección del ClyDT. Así, se concluye que un proceso de prospectiva no sólo debe ser participativo, también adaptativo, debido a que es dinámico.

Por otro lado, entre las herramientas de los estudios sobre el futuro que están cobrando interés se encuentra el análisis bibliométrico. Durante la aplicación del método propuesto se realizaron varios análisis y reportes bibliométricos, que permitieron a los participantes tener un panorama general del tema, e incluso fungió de apoyo para estructurar el tema de interés. Además, los análisis bibliométricos, proporcionaron información sobre los principales actores del tema como: instituciones y grupos de investigación a nivel nacional e internacional. Los primeros reportes bibliométricos y su discusión fueron útiles para que los participantes contaran con una base homogénea de conocimiento sobre el tema de interés.

Los estudios sobre el futuro y en particular la PT, es un campo de estudio participativo. Así, se buscó la forma de propiciar la participación de los involucrados. Se observó que la realización de reuniones no prolongadas (no mayores a 2 horas) fue de utilidad para lograr la participación de los expertos. Del mismo modo, el envío de reportes previos a la reunión permitió la agilidad de estas. Se utilizaron también, encuestas tipo Delphi. Los reportes se enviaron a través de correo electrónico y se dio un plazo para contestarlas, lo que permitió obtener una buena respuesta de los participantes.

Con expertos que se consideraron como líderes en los temas se realizaron entrevistas, lo que permitió realizar ajustes puntuales a los esquemas y a los análisis que se realizaron. Se recopiló información con diferentes herramientas lo que, de acuerdo con la literatura, permite darle robustez a la información recolectada.

Se observó que la participación de expertos líderes en la comunidad se tradujo en una buena respuesta a la convocatoria y actividades en el proceso de prospectiva. Más aún, se puede decir que la participación de estos expertos fomentó la cohesión del grupo.

Los acuerdos y/o resultados de cada reunión que permitían guiar los trabajos y propiciaron la socialización de los conocimientos.

El método propuesto, se basó en ejercicios de inteligencia tecnológica. Estos ejercicios se realizaron a lo largo del ejercicio de prospectiva. Se concluye que para CiyDT, los ejercicios de inteligencia tecnológica son útiles no sólo para unificar conocimiento, sino como insumo para la identificación de objetivos y el desarrollo de estrategias a nivel organizacional. Lo anterior considerando que el principal producto de este tipo de organizaciones es la generación de conocimiento y tecnología.

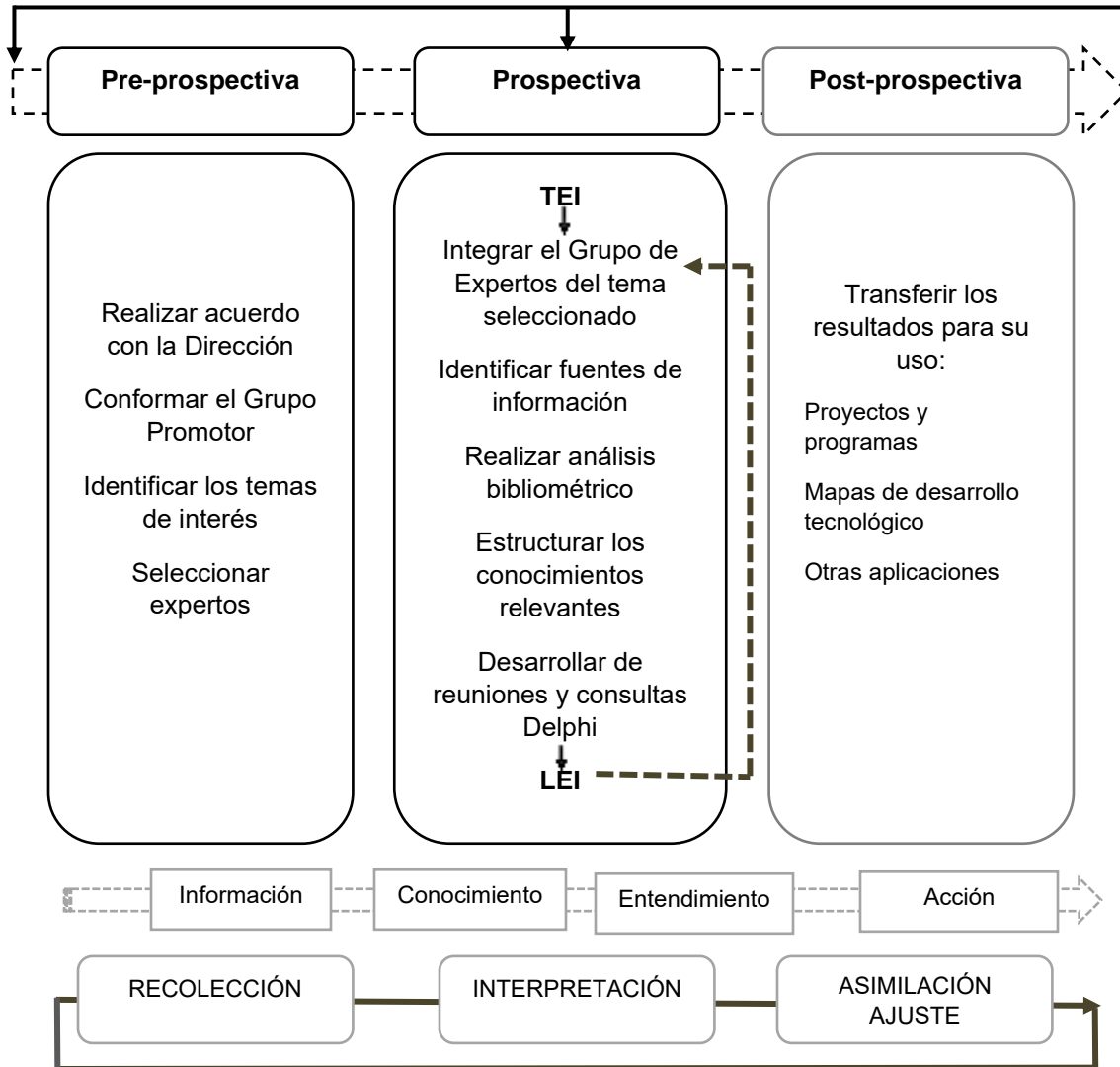
Durante el desarrollo del ejercicio, se fueron observando y adaptando modificaciones al esquema presentado en el capítulo 4 (Figura 4-10) que se consideraron pertinentes para el desarrollo de un nuevo ciclo del ejercicio de PT y que se ilustra en la Figura 6-1. Esta figura retoma las fases pre-prospectiva y prospectiva del ejercicio y las cuales corresponden al interés y alcance de esta investigación.

Entre los obstáculos que tuvo la investigación, el principal fue el tiempo en el que debía ser concluida la misma. Así, no fue posible tener el mismo avance en los distintos temas que se identificaron como estratégicos para el IIUNAM.

Cabe destacar, la investigación se realizó en un periodo en el que el IIUNAM tuvo un cambio de dirección. Lo anterior obligó, a tener una nueva reunión con la dirección entrante para mostrar la investigación que se estaba desarrollando y solicitar su apoyo. Este hecho, requirió tiempo que en un principio no se tenía contemplado.

Además de lo citado en los párrafos anteriores, en el periodo de la investigación sucedió un terremoto en la Ciudad de México. Este evento, obligo al cierre de las instalaciones del IIUNAM por unos días, lo cual por un lado retrasó el trabajo en campo de la investigación y, por otro lado, se observó un incremento en el interés sobre temas relacionados con el TEI-RNIC.

Figura 6-1 Método de prospectiva tecnológica propuesto para un ClyDT adaptado a partir de su aplicación



TEI: Tema estratégico de investigación
LEI: Línea estratégica de investigación

Elaboración propia

En cada reunión se tomó una minuta que se distribuyó a los participantes, lo que permitió tener registro y continuidad de las actividades y compromisos establecidos por los participantes y el grupo promotor.

Durante la aplicación del método se documentaron las distintas actividades con los participantes. Esta actividad hizo posible identificar las actividades que facilitaban la participación de los involucrados, así como apropiaciones de la información generada en los análisis bibliométricos y en las reuniones.

Más allá de los resultados o hallazgos de la aplicación del método propuesto, se puede afirmar que el método propuesto, se puede replicar en ClyDT con condiciones similares al IIUNAM. Incluso, en otros temas de investigación dentro del mismo IIUNAM.

El método propuesto se encuentra en una fase de exploración, debido a que se requiere un número mayor de aplicaciones para garantizar la validez externa del mismo.

Por otro lado, busca proveer de información para la planeación estratégica de un ClyDT. Este objetivo se logra teniendo comunicación directa con los clientes del ejercicio de prospectiva tecnológica.

Trabajos futuros:

El presente trabajo, como se mencionó, incluye las fases pre-prospectiva y prospectiva de un ejercicio de prospectiva tecnológica. En la fase post-prospectiva, que incluye el uso de los resultados de la fase prospectiva se deben desarrollar trabajos de planeación o definición de objetivos estratégicos. Estos trabajos tendrían que ver con desarrollar los programas de acción que conduzcan a las metas y estrategias resultado del proceso de prospectiva tecnológica.

Por otra parte, el proceso de planeación y en particular los ejercicios de PT se conciben como una actividad que debe insertarse en el quehacer cotidiano de los ClyDT y no sustentarse en acciones aisladas en el tiempo. Para ello, es pertinente construir elementos que apoyan la generación sistemática de conocimientos tales como la integración de grupos de expertos en cada TEI, generación de datos bibliométricos que canalicen la discusión ordenada y sustentada, entre otros elementos.

Para el apoyo de los procesos de PT, es recomendable integrar un grupo dedicado a proponer y conducir actividades de monitoreo en el ambiente de la organización que permita la adaptación de esta, como lo propone el MSV en el subsistema 4 o de inteligencia.

Realizar nuevos ejercicios de PT aplicándolos a otros temas de investigación, documentando el proceso. Lo anterior proporcionará más información y necesidades de ajuste al método propuesto.

Existe la necesidad de documentar procesos de planeación en ClyDT que permitan a este tipo de organizaciones desarrollar las competencias tecnológicas adecuadas para responder a los requerimientos del mercado al que se dirigen. Al igual que existen normas para realizar proyectos y vigilancia tecnológicos, se debe trabajar en apoyos documentales como guías, para facilitar la aplicación de procesos de planeación que resulten eficaces.

Otra línea de investigación que surge de este trabajo corresponde a identificar los niveles de apropiación de un proceso de planeación prospectiva tecnológica en las organizaciones y cómo hacerlo sistemático. Más aún, los factores necesarios para lograr la integración de procesos de este tipo en el quehacer de las organizaciones.

Una de las propiedades deseables en los procesos de prospectiva es la recursividad de estos en las organizaciones. Es decir, que los ejercicios no representen un esfuerzo de una única ocasión, sino que los resultados de un ejercicio n , representen información para un

ejercicio $n+1$. De este modo, que pendiente identificar la manera en que este tipo de herramientas se pueda institucionalizar en los CiyDT.

7 ANEXOS

7.1 PALABRAS CLAVE QUE CONFORMAN LOS GRUPOS

Palabras clave que conforman el grupo *Technology Forecast*

TECHNOLOGY FORECAST	
TECHNOLOGY FORECASTING	TECHNOLOGY TREND AND FORECASTING
TECHNOLOGICAL FORECASTING	TECHNOLOGY TREND AND FORECAST
TECHNOLOGY FORECAST	TECHNOLOGY ESTIMATION AND FORECASTING
TECHNOLOGY FORECASTS	ENERGY TECHNOLOGY FORECASTING
FORECASTING TECHNOLOGY	STRATEGIC TECHNOLOGY FORECASTING
TECHNOLOGY PLANNING AND FORECASTING	STRATEGIC TECHNOLOGY FORECASTING

Palabras clave que conforman el grupo *Technology Foresight*

TECHNOLOGY FORESIGHT		
TECHNOLOGY FORESIGHT	ENERGY TECHNOLOGY FORESIGHT	GREEN TECHNOLOGY FORESIGHT
TECHNOLOGICAL FORESIGHT	SCIENCE AND TECHNOLOGY FORESIGHT	STRATEGIC TECHNOLOGY FORESIGHT
NATIONAL TECHNOLOGY FORESIGHT	SCIENCE FORESIGHT	AWARNESS ABBREVIATIONS TECHNOLOGY FORESIGHT (TF)

7.2 TALLER SOBRE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE TEMAS DE INVESTIGACIÓN

El Taller tendrá como objetivo realizar una evaluación colectiva de los temas de investigación considerados, así como identificar el nivel de relación que puede presentarse entre ellos.

El Taller se sustenta en los temas de investigación propuestos por los académicos del IIUNAM en un ejercicio previo.

Con base en la adscripción de los académicos que propusieron temas de investigación, el Coordinador correspondiente presentará durante el Taller aquellos temas seleccionados.

El Coordinador contará con 5 minutos para presentar un tema de investigación, indicando el nombre, su justificación y el impacto previsto. Deberá enfatizar la pertinencia del tema, la competencia con la que cuenta el IIUNAM (si fuera el caso), así como el esfuerzo que supone lograr alcanzar un nivel de *total competencia* (ver más adelante el punto sobre competencia).

Cada Coordinador contará con 15 minutos para presentar los temas de investigación que considere más relevantes para su área. Por lo tanto, podrá presentar un total de 3 temas²¹.

Al término de la presentación de cada tema de investigación se abrirá una sesión de 10 minutos para que los demás participantes en el Taller soliciten aclaraciones sobre el tema de investigación propuesto. En la sesión **no** se podrá cuestionar el tema de investigación propuesto sino solamente solicitar aclaraciones o mayor detalle acerca de la presentación. Las aclaraciones solicitadas deberán ser hechas en el menor tiempo posible por lo que se contará con hasta con 2 minutos para su formulación. El Coordinador que presentó el tema en cuestión también tendrá que ser breve en sus respuestas.

Una vez terminada la sesión de aclaraciones, se pasará a una sesión de calificación del tema de investigación analizado. Para ello, todos los participantes (incluyendo al Coordinador que presentó el tema de investigación), contestarán a las siguientes cuatro preguntas con relación al tema de investigación recién expuesto:

1. ¿Qué nivel de conocimientos tiene usted relacionados con el tema de investigación en evaluación?
2. ¿En qué nivel ubica la pertinencia del tema de investigación?
3. ¿En qué nivel ubica las competencias actuales del Instituto de Ingeniería con respecto al tema de investigación?
4. ¿Qué nivel de esfuerzo tiene que realizar el Instituto de Ingeniería para alcanzar el nivel de *completamente competente*?

²¹ En caso de que un Coordinador decida presentar más de 3 temas de investigación, deberá ajustarse a los 15 minutos totales que dispondrá durante el Taller.

Al terminar la evaluación del tema de investigación se pasará a la presentación del siguiente, utilizando la misma dinámica arriba expuesta.

CRITERIOS PARA CONSIDERAR.

Conocimiento del tema

Definición: El propósito es establecer el conocimiento del participante en el taller con respecto al tema expuesto que se está evaluando. Se trata de una autoevaluación del participante en relación con el nivel de conocimientos que posee sobre el tema de investigación que evalúa.

Métrica: 1 = *no competente*; 2 = *poco competente*; 3 = *medianamente competente*; 4 = *muy competente*; 5 = *completamente competente*.

Pertinencia

Definición: Un tema de investigación es pertinente cuando existe la oportunidad y conveniencia de desarrollarlo. La pertinencia de un tema de investigación está relacionada con las necesidades existentes en el espacio social donde se integrarán los conocimientos adquiridos o los resultados obtenidos.

Métrica: 1 = *no pertinente*; 2 = *poco pertinente*; 3 = *medianamente pertinente*; 4 = *muy pertinente*; 5 = *completamente pertinente*.

Competencia

Definición: Se entiende por competencia a las actuaciones integrales para identificar, interpretar y resolver problemas propios de un tema de investigación. Considera la integración de conocimientos, habilidades e infraestructura que permite realizar, de manera eficaz y eficiente las actuaciones señaladas.

Métrica: 1 = *no competente*; 2 = *poco competente*; 3 = *medianamente competente*; 4 = *muy competente*; 5 = *completamente competente*.

Esfuerzo institucional

Definición: El esfuerzo institucional corresponde a las actuaciones que se requieren fortalecer para que un tema de investigación en el Instituto de Ingeniería alcance el nivel de completamente competente.

Métrica: 1 = *esfuerzo excepcional*; 2 = *gran esfuerzo*; 3 = *mantener el esfuerzo actual*.

7.3 DEFINICIONES DE LAS ÁREAS IDENTIFICADAS EN EL ESQUEMA RNIC

A. AMENAZAS

A.1 Caracterización y estudio de los fenómenos. Estimación de recurrencia temporal, magnitud o intensidad asociada y definición de la física implícita en su manifestación.

A.2 Cuantificación de amenazas. Obtención de las frecuencias de ocurrencia de intensidades del fenómeno en un sitio de estudio.

A.2.1 Funciones de amenazas locales. Descripciones probabilísticas de la posible ocurrencia de perturbaciones naturales de diversas intensidades en un sitio dado.

A.2.2 Mapas regionales. Representación espacial de las amenazas en sistemas de información geográfica.

B. SISTEMAS EXPUESTOS

B.1 Criterios de diseño en Ingeniería y control de calidad. Descripción cuantitativa de la intensidad de las acciones probables sobre obras de ingeniería, de la capacidad de éstas para soportarlas y de las relaciones aceptables entre los valores de ambas variables.

B.2 Análisis de vulnerabilidad. Establecimiento de las relaciones cuantitativas entre la intensidad de la amenaza y las consecuencias (daños físicos, probabilidades de falla, consecuencias económicas y sociales).

B.3 Normatividad. Criterios de diseño basados en un análisis cuantitativo de la intensidad de las acciones probables sobre obras de ingeniería.

C. RIESGO

C.1 Evaluación de riesgo. Criterios y métodos para formular modelos probabilísticos de riesgo y para estimar sus parámetros.

C.1.1 Indicadores de daños físicos. Funciones e indicadores del daño que podría sufrir una obra.

C.1.2 Evaluación social y económica. Funciones de utilidad esperada de una obra incluyendo costos iniciales de construcción y los valores presentes de los costos esperados de fallas, daños y actividades de reparación y mantenimiento.

C.2 Control de riesgo. Normas de diseño y construcción; políticas de inspección, reparación y mantenimiento.

C.2.1 Optimización en ciclo de vida. Seleccionar criterios de diseño y control de riesgos que conducen a valores mínimos de la suma de valores presentes de costos iniciales, de mantenimiento y de daños esperados durante el ciclo de vida.

C.2.2 Medidas de mitigación y resiliencia. Criterios para decidir los instantes y las características de acciones de reparación y mantenimiento con base en los daños observados y la historia de las acciones que las han afectado.

C.2.3 Actualización de normatividad. Seleccionar criterios de diseño y control de riesgos que conducen a valores mínimos de la suma de valores presentes de costos iniciales, de mantenimiento y de daños esperados durante el ciclo de vida. Se incluye la elaboración de mapas que muestren los criterios de diseño especificados como dependientes de la localización geográfica y de las características locales del sitio de la construcción por diseñar. Estos mapas se basan en los mapas regionales que describen las amenazas.

7.4 ÁREAS DE CONOCIMIENTO EN LAS QUE SE UBICA EL TRABAJO DE LOS PARTICIPANTES EN EL GE-RNIC.

Académico / Tema (subtema)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
A. Amenazas																
19																
A.1 Caracterización y estudio de los fenómenos	X				X	X		X	X	X					X	7
A.2 Cuantificación de amenazas:																
A.2.1 Funciones de amenazas locales							X	X	X	X	X	X				6
A.2.2 Mapas regionales					X	X		X	X	X					X	6
B. Sistemas expuestos																
26																
B.1 Criterios de diseño en ingeniería y control de calidad			X	X		X		X	X				X	X		7
B.2 Normatividad		X	X	X		X		X	X	X			X	X		9
B.3 Análisis de vulnerabilidad		X	X	X	X			X	X	X		X				8
B.4 Mapas de exposición en SIG			X							X						2
C. Riesgo																
15																
C.1 Evaluación de riesgo																
C.1.1 Indicadores de daños (físicos, humanos, económicos...)		X						X	X	X		X				5
C.1.2 Mapas de riesgo								X		X						2
C.1.3 Evaluación social y económica								X		X						2
C.2 Control de riesgo:																
C.2.1 Optimización en ciclo de vida								X	X			X				3
C.2.2 Medidas de mitigación y resiliencia			X													1
C.2.3 Actualización de normatividad									X	X						2
TOTAL	1	3	5	3	3	2	3	8	11	10	4	5	2	2	3	

7.5 PALABRAS-CLAVE QUE INTEGRAN EL GRUPO SHM

No.	PALABRA CLAVE	FRECUENCIA
1	STRUCTURAL HEALTH MONITORING	1,291
2	HEALTH MONITORING	120
3	STRUCTURAL HEALTH MONITORING (SHM)	102
4	STRUCTURAL HEALTH MONITORING SYSTEM	17
5	STRUCTURE HEALTH MONITORING	12
6	BRIDGE HEALTH MONITORING	10
7	VIBRATION BASED HEALTH MONITORING	8
8	VIBRATION BASED STRUCTURAL HEALTH MONITORING	8
9	HEALTH ASSESSMENT	6
10	STRUCTURAL HEALTH ASSESSMENT	6
11	HEALTH INDEX	5
12	LONG TERM HEALTH MONITORING	4
13	HEALTH IMPACT	3
14	HEALTH IMPACTS	3
15	HEALTH INDICATOR	3
16	BRIDGE HEALTH MONITORING SYSTEM	2
17	CONTINUOUS STRUCTURAL HEALTH MONITORING	2
18	DATA DRIVEN STRUCTURAL HEALTH MONITORING	2
19	HEALTH AND SAFETY	2
20	HEALTH DEGRADATION MONITORING	2
21	RADAR BASED STRUCTURAL HEALTH MONITORING	2
22	SEISMIC HEALTH MONITORING	2
23	SEISMIC STRUCTURAL HEALTH MONITORING	2
24	STRUCTURAL HEALTH AND USAGE MONITORING	2
25	STRUCTURAL HEALTH EVALUATION	2
26	STRUCTURAL HEALTH MANAGEMENT	2
27	WIRELESS STRUCTURAL HEALTH MONITORING	2
28	ACTIVE GUIDED WAVE STRUCTURAL HEALTH MONITORING	1
29	AUTOMATED STRUCTURAL HEALTH MONITORING	1
30	BEARING HEALTH ASSESSMENT	1
31	BRIDGE HEALTH MONITORING (BHM)	1
32	BRIDGE HEALTH MONITORING SYSTEM (BHMS)	1
33	BRIDGE STRUCTURAL HEALTH MONITORING	1
34	BRIDGE VIBRATION BASED STRUCTURAL HEALTH MONITORING	1

No.	PALABRA CLAVE	FRECUENCIA
35	BUILDING HEALTH ASSESSMENT	1
36	BUILDING HEALTH MONITORING	1
37	BUILDING STRUCTURAL HEALTH MONITORING	1
38	CONTINUOUS STRUCTURAL HEALTH MONITORING (SHM)	1
39	DAM HEALTH MONITORING	1
40	ECONOMICS OF STRUCTURAL HEALTH MONITORING	1
41	FREEWAY HEALTH MONITORING	1
42	GEODETIC STRUCTURAL HEALTH MONITORING	1
43	GLOBAL STRUCTURAL HEALTH MONITORING	1
44	HEALTH INDICATOR CONSTRUCTION	1
45	HEALTH MONITORING OF RAILWAY TRACKS	1
46	IMPEDANCE BASED STRUCTURAL HEALTH MONITORING	1
47	LIFE CYCLE STRUCTURAL HEALTH MONITORING	1
48	LOCAL STRUCTURAL HEALTH MONITORING	1
49	LOCAL STRUCTURAL HEALTH MONITORING AND STATE OF POLARIZATION	1
50	LONG TERM STRUCTURAL HEALTH MONITORING (SHM)	1
51	NON DESTRUCTIVE STRUCTURAL HEALTH EVALUATION	1
52	OBSERVED BASED STRUCTURAL HEALTH MONITORING	1
53	ONLINE AUTOMATED STRUCTURAL HEALTH MONITORING	1
54	ONLINE STRUCTURAL HEALTH MONITORING	1
55	SHM (STRUCTURAL HEALTH MONITORING)	1
56	STRUCTURAL HEALTH CONTROL (SHC)	1
57	STRUCTURAL HEALTH MONITORIN	1
58	STRUCTURAL HEALTH MONITORING (SHM) DATA	1
59	STRUCTURAL HEALTH MONITORING BRIDGES	1
60	STRUCTURAL HEALTH MONITORING DATA	1
61	STRUCTURAL HEALTH MONITORING IN JAPAN	1
62	STRUCTURAL HEALTH MONITORING OF BRIDGE	1
63	STRUCTURAL HEALTH MONITORING OF PIPELINES	1
64	STRUCTURAL HEALTH MONITORING TECHNIQUE	1
65	STRUCTURAL HEALTH MONITORING USING WAVE PROPAGATION METHODS	1
66	STRUCTURAL HEALTH RATING (SHR) SYSTEM	1
67	STRUCTURE HEALTH MONITOR	1
68	VIBRATION BASED STRUCTURE HEALTH MONITORING	1
69	WAVE BASED STRUCTURAL HEALTH MONITORING	1
	TOTAL	1,664

8 REFERENCIAS

- Ackoff, R. (1971). Towards a systems of systems concepts. *Management Science*, 661-671.
- Alcántara Concepción, T. I. (2014). *Sistema de Inteligencia Tecnológica en Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico*. México: Programa de Maestría y Posgrado en Ingeniería UNAM.
- Alsan, A., & Öner, M. (2004). Comparison of national foresight studies by integrated foresight management model. *Futures*, 889-902.
- Álvarez Icaza, L. (2017). *Primer Informe de Actividades*. México: Instituto de Ingeniería UNAM.
- Álvarez Icaza, L. (2018). *Segundo Informe de Actividades*. México: Instituto de Ingeniería UNAM.
- Amer, M., Daim, T., & Jetter, A. (2013). A review of scenario planning. *Futures*, 23-40. doi:10.1016/j.futures.2012.10.003
- Andersen, P. D., & Rasmussen, B. (2014). *Introduction to foresight and foresight processes in practice. Note for the PhD course Strategic Foresight in Engineering*. Lyngby: Department of Management Engineering, Technical University of Denmark.
- APEC. (2015). *APEC Center for Technology Foresight*. Obtenido de <http://www.apecforesight.org/>
- Barceló, M. (2001). *Hacia una Economía del Conocimiento*. Madrid: ESIC - Pricewaterhouse Coopers.
- Barragán, A. (2010). *Factores críticos para la gestión eficaz de proyectos de innovación en Centros Públicos de Investigación y Desarrollo*. México: Tesis de Grado de Doctor en Ingeniería, Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Barré, R., & Keenan, M. (2008). Revisiting foresight rationales: What lessons from the social sciences and humanities? En N. Soguel, & P. Jaccard, *Future-Oriented Technology Analysis: Strategic Intelligence for an Innovative Economy* (págs. 41-52). Springer Berlin Heidelberg.
- BM. (Febrero de 2019). *Banco Mundial*. Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?locations=MX>
- Carvalho, M., Fleury, A., & Lopes, A. (2013). An overview of the literature on technology roadmapping (TRM): contributions and trends. *Technological Forecasting and Social Change*, 1418-1437.
- Castillo-Camarena, N., & López-Ortega, E. (2021). Technological foresight as support for the planning of research and development centers: the case of EI-UNAM. *Foresight*. doi:10.1108/FS-09-2020-0100

- Castillo-Camarena, N., López-Ortega, E., & García-Cano, E. (2018). Technology foresight at a university research center in Mexico: design and first results. *27th Annual Conference of the International Association for Management of Technology*. Birmingham.
- CETISME. (2002). *Inteligencia Económica y Tecnológica. Guía para principiantes y profesionales*. Madrid: Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid .
- Chun, M., Sohn, K., Arling, P., & Granados, N. (2008). Systems Theory and Knowledge Management Systems: The Case of Pratt-Whitney Rocketdyne. *41st Hawaii International International Conference on Systems Science (HICSS-41 2008)* (pág. 336). Waikoloa, HI: IEEE.
- CIP. (marzo de 2016). *Centro de Investigación en Polímeros*. Obtenido de <http://www.cip.org/>
- CONACYT. (2014). *Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014-2018*. México.
- CONACYT. (2017). *Informe general del estado de la ciencia, la tecnología y la innovación 2016*. México: Conacyt.
- CONACYT. (2020). *Programa de trabajo 2020*. México: CONACYT.
- Concheiro, A. A. (2009). *Futuros de la Ingeniería en México* (pág. 12). DF: Conferencia Magistral Instituto de Ingeniería UNAM.
- Cordeiro, J. L. (2016). Introducción. En J. L. Cordeiro, *Prospectiva en Iberoamérica: pasado, presente y futuro* (págs. 7-9). Millennium Project, Red Iberoamericana de Prospección (RIBER) y Universidad del Valle.
- Courseault, C. (2004). *A text mining framework linking technical intelligence from publication databases to strategic technology decisions*. Atlanta: Georgia Institute of Technology.
- Cuhls, K. (2003). Form Forecasting To Foresight Processes: New Participative Foresight Activities in Germany. *Journal of Forecasting*, 93-111.
- Daim, T., Basoglu, N., Dursun, O., & Saritas, O. &. (2009). A comprehensive review of Turkish technology foresight project. *Foresight*, 21-42.
- Dalkir, K. (2005). *Knowledge management in theory and practice*. Burlington: Elsevier.
- De Lattre-Gasquet, M., & Sainte-Beuve, J. (2003). Foresight in a research institution: A critical review of two exercises. *Journal of Forecasting*, 203-201.
- DOF. (2014). *Ley Orgánica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología*. Diario Oficial de la Federación.
- DOF. (2020). *Estatuto Orgánico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología*. México: Diario Oficial de la Federación.
- DOF. (2020). *Programa Institucional 2020-2024 del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología* . México: DOF.

- Dufva, M., & Ahlqvist, T. (2015). Elements in the construction of future-orientation: a systems view of foresight. *Futures*, 112-125.
- Dufva, M., Könnölä, T., & Koivisto, R. (2015). Multi-layered foresight: Lessons from regional foresight in Chile. *Futures*, 100-111.
- Dutrénit, G., Capdevielle, M., Corona-Alcantar, J., Puchet-Anyul, M., Santiago, F., & Vera-Cruz, A. (2010). *El Sistema Nacional de innovación Mexicano: instituciones, políticas, desempeño y desafíos*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Elena-Pérez, S., Saritas, O., Pook, K., & Warden, C. (2011). Ready for the future? Universities' capabilities to strategically manage their intellectual capital. *Foresight*, 31-48.
- Embajada de Francia en México , & CONACYT. (23 de marzo de 2018). *Portal FrancoMexicano para la Investigación y la Innovación*. Obtenido de <http://ctifranciamexico.com/index.php/investigacion-e-innovacion/investigacion-e-innovacion-en-mexico>
- Espejo, R. (2003). *The viable system Model. A Briefing about organisational structure*. Syncho Ltd.
- European Commission. (20 de 11 de 2015). *The FOR-LEARN Online Foresight Guide*. Obtenido de http://forlearn.jrc.ec.europa.eu/guide/4_methodology/meth_classification.htm
- FCCyT. (2014). *Ranking Nacional de Ciencia y Tecnología. Oportunidades de los Sistemas Estatales de CTI*. México: Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC.
- Feige, D., & Vonortas, N. (2016). Context appropriate technologies for development: Choosing for the future. *Technological Forecasting and Social Change*.
- Fergnani, A. (2019). Mapping futures studies scholarship from 1968 to present: a bibliometric review of thematic clusters, research trends, and research gaps. *Futures*, 104-123.
- FJBS. (2015). *Fundación Javier Barros Sierra, A.C*. Obtenido de <http://www.fundacionbarrossierra.org.mx/>
- Foddy, W. (1993). *Constructing Questions for Interviews and Questionnaires. Theory and Practice in Social Research*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fusch, P. I., & Ness, L. R. (2015). Are we there yet? Data saturation in Qualitative Research. *The Qualitative Report*, 1408-1416.
- Godet, M. (2000). *La Caja de Herramientas de la Prospectiva Estratégica*. Paris: Librerie des Arts et Métiers.
- Gordon, A., Ramic, M., Rohrbeck, R., & Spaniol, M. (2020). 50 years of corporate and organizational foresight: looking back and going forward. *Technological Forecasting and Social Change*.

- Gordon, T. J., Glenn, J. C., & Jakil, A. (2005). Frontiers of futures research: What's next? *Technological Forecasting and Social Change*, 1064-1069.
- Hayward, P. (2004). Facilitating foresight: where the foresight function is placed in organisations. *Foresight*, 19-30.
- Heger, T., & Rohrbeck, R. (2011). Strategic foresight for collaborative exploration of new business fields. *Technological Forecasting and Social Change*, 819-831.
- Hideg, É. (2007). Theory and practice in the field of foresight. *Foresight*, 36-46.
- Inayatullah, S. (2008). Six pillars: futures thinking for transforming. *Foresight*, 4-21.
- Jaso Sánchez, M. A. (2011). Gestión del conocimiento desde la perspectiva de los estudios. *ALTEC 2011. XIV Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica. Innovación*, (págs. 1-12). Lima, Peru.
- Jiménez, J., & Aguirre-Vázquez, J. (2001). The role of the search conference as a catalyst for long-range change and adaptation in higher education. En O. Barbüoglu, & Merrelyn Emery And Associates, *Educational Futures: Shifting paradigm of universities & education* (págs. 285-298). Estambul: Sabanci University Press.
- Kostoff, R., Toothman, D., Eberhart, H., & Humenik, J. (2001). Text mining using database tomography and bibliometrics: A review. *Technological Forecasting and Social Change*, 223-253.
- Kothari, C. (2008). *Research methodology methods and techniques*. Nueva Delhi: New Age International Publishers.
- Kuhlmann, S., Boekholt, P., Georghiou, L., Guy, K., Héraud, J.-A., Laredo, P., . . . Smits, R. (1999). *Improving Distributed Intelligence in Complex Innovation Systems*. Karlsruhe: Institute Systems and Innovation Research.
- Kuznetsov, Y., & Dahlman, C. J. (2008). *Mexico's Transition to a Knowledge-Based Economy. Challenges and Opportunities*. Washington DC: The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank.
- Laliene, R., & Liepe, Z. (2015). R&D Planning System Approach at Organizational Level. *Procedia- Social and Behavioral Sciences*, 812-816.
- Lara-Rosano, F. (1990). *Metodología para la planeación de sistemas: un enfoque prospectivo*. México: UNAM.
- Lara-Rosano, F. (1998). Actores y procesos en la innovación tecnológica. En F. Lara-Rosano, *Tecnología. Conceptos, problemas y perspectivas* (págs. 5-21). Mexico: Siglo XXI.
- Lara-Rosano, F. (03 de 2014). Teorías, métodos y modelos de la complejidad social. Mexico, Mexico: UNAM, CCADET, C3.
- Linstone, H. (1999). TFSC: 1969-1999. *Technological Forecasting and Social Change*, 1-8.
- Linstone, H. (2011). Three eras of technology foresight. *Technovation*, 69-76.

- López-Ortega, E., Briceño, S., & Bautista, T. (2003). Prácticas de planeación estratégica de centros de investigación y desarrollo tecnológico en México. *Innovación y competitividad Adiat*.
- López-Ortega, M., Alcántara, T., & Sañudo, F. (12 de enero de 2019). *Avances en el proyecto Temas Estratégicos de Investigación (TEI)*. Obtenido de Instituto de Ingeniería UNAM: <http://gacetaii.iingen.unam.mx/Gacetall/index.php/gii/article/view/1498>
- Marí, M. (2009). Prospectiva y prospectiva tecnológica en Argentina. En D. dos Santos, & L. Filho, *Prospectiva en América Latina* (págs. 29-55). canal6.
- Martin, B. (1995). Foresight in Science and Technology. *Technology Analysis and Strategic Management*, 139-168.
- Martínez-Berumen, H. (2012). *La planeación estratégica-tecnológica para la toma de decisiones en nuevas tecnologías en centros públicos de investigación y desarrollo: un propuesta metodológica con enfoque de sistemas*. México: Tesis para optar por el grado de Doctor en Ingeniería de Sistemas. Facultad de Ingeniería. UNAM.
- Máttar, J., & Cuervo, M. (2016). *Planificación y prospectiva para la construcción de futuro en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Medina Vásquez, J., & Ortegón, E. (2006). *Manual de prospectiva y decisión estratégica: bases teóricas e instrumentos para América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: CEPAL. Obtenido de CEPAL: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5490/1/S0600190_es.pdf
- Medina, J., Becerra, S., & Castaño, P. (2014). *Prospectiva y política pública para el cambio en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Miklos, T., & Tello, M. E. (2007). *Planeación Prospectiva: una estrategia para el diseño del futuro*. México: Limusa.
- Miles, I. (2011). De los estudios del futuro a la prospectiva. En L. Georghiou, J. C. Harper, M. Keenan, I. Miles, & R. Popper, *Manual de Prospectiva Tecnológica: Conceptos y Práctica* (pág. 558). México: FLACSO.
- Miles, I. D., Cassingena Harper, J., Georghiou, L., Keenan, M., & Popper, R. (2008). The many faces of foresight. En L. Georghiou, J. Cassingena Harper, M. Keenan, I. D. Miles, & R. Popper, *A handbook of technology foresight : concepts and practice*. (págs. 3-23). Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited.
- Milliken, F. (1987). Three types of perceived uncertainty about the environment: state, effect, and response uncertainty. *Academy of Management Review*, 133-143.
- Mingers, J., & Brocklesby, J. (1997). Multimethodology: Towards a framework for mixing methodologies. *Omega International Journal of Management Science*, 489-509.
- Mojica, F. (10 de 08 de 2018). *Dos modelos de prospectiva estratégica*. Obtenido de Universidad del Quindío: <https://www.uniquindio.edu.co/>

- Moro, A., Boelman, E., Joanny, G., & López-García, J. (2018). A bibliometric-based technique to identify emerging photovoltaic technologies in a comparative assessment with expert review. *Renewable Energy*, 407-416.
- Munck, R., & McConnell, G. (2009). University Strategic Planning and Foresight/Futures Approach: An Irish Case Study. *Planning for Higher Education Journal*, 31-40.
- Navarrete-Arregui, P., & Careaga-Díaz, C. (2016). El modelo de sistema viable: una referencia estratégica para el estudio organizacional del sector cooperativo chileno. *REVESCO Revista de Estudios Cooperativos*, 173-204.
- Nonaka, I. (1994). A dynamic theory of organizational knowledge creation. *Organization Science*, 14-37.
- Nonaka, I. (2007). The knowledge-creating company. *Harvard Business Review*.
- Nonaka, I., Toyama, R., & Konno, N. (2000). SECI, Ba and Leadership: a Unified Model of Dynamic Knowledge Creation. *Long Range Planning*, 5-34.
- OCDE. (2002). *Manual de Frascati: Propuesta de Norma Práctica para Encuestas de Investigación y Desarrollo Experimental*. París: Fundación Española Ciencia y Tecnología.
- Öner, M., & Göl, S. (2007). Pitfalls in and success factors of corporate foresight projects. *International Journal of Foresight and Innovation Policy*, 447-471.
- ONUDI. (2016). *Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial*. Obtenido de Technology Foresight in Latin America and the Caribbean: <http://www.unido.org/es/que-hacemos/advancing-economic-competitiveness/fomento-de-la-tecnologia-y-la-inversion/competitiveness-business-environment-and-upgrading/foresight/latin-america-and-the-caribbean.html>
- Paananen, A., & Mäkinen, S. j. (2013). Bibliometrics-based foresight on renewable energy production. *Foresight*, 465-476.
- Pliscoff, C., & Monje, P. (2003). Método comparado: un aporte a la investigación en gestión pública. *VIII Congreso Iternacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administraci*, (pág. 13). Panamá.
- Popper, R. (2011). Metodología de la prospectiva. En L. Georghiou, J. Cassingena, M. Keenan, I. Miles, & R. Popper, *Manual de Prospectiva Tecnológica. Conceptos y práctica* (págs. 85-138). México: Flacso.
- Popper, R. (06 de 2014). *Dr Popper's Foresight and Horizons Scanning Blog*. Obtenido de <http://rafaelpopper.wordpress.com/bio/>
- Popper, R., & Medina, J. (2011). La prospectiva en Latinoamérica. En L. Georghiou, J. Cassingena-Harper, M. Keenan, I. Miles, & R. Popper, *Manual de prospectiva tecnológica. Conceptos y práctica* (págs. 343-382). México: Flacso.
- Porter, A. (2010). Technology Foresight: types and methods. *International Journal of Foresight and Innovation Policy*.

- Porter, A., Ashton, B., Clar, G., Coates, J., Cuhls, K., Cunningham, S., . . . Thissen, W. (2004). Technology futures analysis: Toward integration of the field and new methods. *Technological Forecasting and Social Change*, 287-303.
- Rodríguez Cortezo, J. (2000). La prospectiva y la política de innovación. Herramientas estratégicas clave para la competitividad. *Economía industrial*, 91-100.
- Rodríguez Cortezo, J. (2001). Introducción a la prospectiva: metodologías, fases y explotación de resultados. *Economía Internacional*, 13-20.
- Rohrbeck, R., & Gemünden, H. (2010). Corporate foresight: Its three roles in enhancing the innovation capacity of a firm. *Technological Forecasting and Social Change*.
- Rohrbeck, R., Battistella, C., & Huizingh, E. (2015). Corporate foresight: An emerging field with a rich tradition. *Technological Forecasting and Social Change*, 1-9.
- Roney, C. (2010). Intersections of strategic planning and futures studies: methodological complementaries. *Journal of Future Studies*, 71-100.
- Sacio-Szymanska, A., Mazurkiewicz, A., & Poteralska, B. (2015). Corporate foresight at the strategic research institute. *Business: Theory and Practice*, 316-325.
- Sadar, Z. (2010). The Namesake: Futures, futures studies, futurology, futuristic, foresight - What's in a name? *Futures*, 177-184.
- Salo, A., Könnölä, T., & Hjelt, M. (2004). Responsiveness in foresight management: reflections from the Finnish food and drink industry. *International Journal of Foresight and Innovation Policy*, 70-88.
- Sánchez-Lara, B. (2013). Marco teórico-conceptual. *SMI-2013-1*. México, México.
- Scapolo, F. (2005). New horizons and challenges for future-oriented technology analysis- the 2004 EU-US seminar. *Technological Forecasting and Social Change*, 1059-1063.
- Schultz, W. (2016). A brief history of Futures. *World Future Review*, 324-331.
- SE. (febrero de 2020). *Secretaría de Economía*. Obtenido de <https://omi.economia.gob.mx/ArchivosFichasDeIndicador/CYT%201.1.pdf>
- SENA. (2017). *Bases teóricas y conceptuales de la prospectiva*. Colombia.
- Senge, P. M. (2004). *The Fifth Discipline. The art and practice of the learning organization*. New York: Doubleday.
- Snow, C. C., & Hambrick, D. C. (1980). Measuring organizational strategies: Some theoretical and methodological problems. *Academy of Management Review*, 527-538.
- Son, H. (2015). The history of Western futures studies: An exploration of the intellectual traditions and three-phase periodization. *Futures*, 120-137.

- Teran-Bustamante, A., & Solleiro, J. (2012). *Buenas prácticas en la gestión de la innovación en centros de investigación tecnológica*. México: UNAM e Instituto de Investigaciones Eléctricas.
- The World Bank. (febrero de 2020). *World Development Indicators: Science and technology*. Obtenido de <http://wdi.worldbank.org/table/5.13>
- Van der Helm, R. (2007). Ten insolvable dilemmas of participation and why foresight has to deal with them. *Foresight*, 3-17.
- Van Duijne, F., & Bishop, P. (2018). *Introduction to Strategic Foresight*. Hague: Future Motions.
- Vecchiato, R. (2012). Strategic foresight and environmental uncertainty: a research agenda. *Foresight*, 387-400.
- Vecchiato, R., & Roveda, C. (2010). Foresight in corporate organisations. *Technology Analysis & Strategic Management*, 99-112.
- Voros, J. (2003). A generic foresight process framework. *Foresight*, 10-21.
- Whetten, D. (1989). What Constitutes a Theoretical Contribution? *Academy of Management Review*, 490-495.
- Yüksel, N., & Cifci, H. (2017). A new model for technology foresight: foresight persicope model (FPM). *2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*, 808-817.

