

IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS:

VALUACIÓN, VARIABLES,
RIESGOS Y ESCENARIOS
TECNOLÓGICOS

FRANCISCO ÁLVAREZ



IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS:

VALUACIÓN, VARIABLES,
RIESGOS Y ESCENARIOS
TECNOLÓGICOS

FRANCISCO ÁLVAREZ

Primera edición 2015

601

A473i Alvarez Echeverría, Francisco Antonio, 1972-

sv Implementación de nuevas tecnologías : valuación, variables,
riesgos y escenarios tecnológicos / Francisco Antonio Alvarez
Echeverría, -- 1ª ed. -- San Salvador, El Salv. : UFG Editores, 2015
308 p. ; 22 cm.

ISBN 978-99923-47-42-3

1. Ciencia-Tecnología. 2. Innovación tecnológica. I. Título

Óscar Picardo Joao.

Director del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI).
Universidad Francisco Gavidia.

Gustavo A. Menjívar.

Diseño editorial.

Publicado por UFG-Editores

Derechos reservados

© Copyright

Según la Ley de Propiedad Intelectual



UFG-Editores

UNIVERSIDAD FRANCISCO GAVIDIA

Calle El Progreso N° 2748, San Salvador,
El Salvador, Centroamérica.

Tel.: (503) 2249-2716

Correo electrónico: investigacion@ufg.edu.sv

Sitio web: www.ufg.edu.sv

Agradecimientos

Dedico este trabajo a mi familia y hermanos: Perla, Santiago, Marcia, Nani, Eduardo, Karla, Margoth, Valeria, Ligia, Tammy, Javier, José, Carlos, Karina, Francis, Raúl, Sai, Poy, Bal, Tere, Rol, César, Liz, Rox, Gad, Graciela, Gibrán, Dante, los Romero y Gurman, Jess(k), y los (las) Lagartos.

Agradezco profundamente el apoyo recibido por el Instituto de Ciencia, Tecnología Innovación de la UFG, y los esfuerzos de los que en él laboran, que hicieron posible esta publicación.

Tabla de contenido

Agradecimientos

Introducción

Parte I. Marco de referencia.....	21
1.1. Generalidades.....	23
1.1.1. El proceso de las trayectorias de dependencia dentro del riesgo financiero de la adopción tecnológica.....	23
1.1.2. Definición económica del conocimiento.....	27
1.1.3. Ciencia y tecnología.....	31
1.1.4. La innovación.....	32
1.1.5. Etapas de la innovación tecnológica.....	33
1.1.6. Investigación y desarrollo (Research and Development, R&D)...	35
1.1.7. Adquisición de tecnología externa y el funcionamiento organizacional.....	36
1.1.8. Incertidumbre y riesgo.....	38
1.2. Cuantificación del cambio tecnológico.....	41
1.2.1. La teoría del crecimiento exógeno.....	42
1.2.2. La teoría del crecimiento endógeno.....	42
1.2.3. La Teoría Evolutiva del Cambio Tecnológico.....	43
1.2.4. Indicadores de tiempo del ciclo tecnológico, TCT.....	45
1.2.5. Ciclos de vida tecnológicos.....	47
1.2.6. Pronósticos.....	54
1.3. Las nuevas tecnologías y el futuro.....	57
1.3.1. Empleo, trabajo y nuevas tecnologías.....	57
1.3.2. Compatibilidad con el ambiente.....	57
1.3.3. Peligros de la tecnología.....	58
1.3.4. Beneficios derivados del cambio tecnológico.....	60
1.4. Identificación del problema tecnológico.....	62
1.4.1. Pérdidas financieras.....	64

1.4.2. Agudización de problemas.....	65
1.4.3. Incremento de eventos no deseados.....	65
1.4.4. Surgimiento de nuevos problemas.....	66
1.4.5. Incremento en los costos operativos.....	66
1.5. Consideración e identificación de variables que afectan la adopción de nuevas tecnologías.....	69
1.5.1. Tipo de innovación y grado de cambio generado por la adopción.....	69
1.5.2. Tamaño de la organización.....	71
1.5.3. Variables sociales, económicas y políticas.....	71
1.5.4. El aprendizaje.....	74
1.5.5. Incentivos fiscales y contaminación.....	76
1.5.5. Estrategia de mercado y preferencias de los consumidores.....	78
1.5.6. Capacidades innovativas.....	79
1.5.7. Cadena de valor y de suministro.....	80
1.5.8. La difusión tecnológica y los atributos de las nuevas tecnologías.....	81
1.5.9. Incertidumbre.....	83
1.5.10. Costos.....	84
1.5.11. Filtros de adopción.....	88
Parte II. Metodología.....	95
2.1. Gestión de riesgos financieros.....	96
2.1.1. Cobertura, futuros, opciones y primas.....	99
2.1.2. Teoría neoclásica: enfoque de Dixit (1994).....	102
2.2. Opciones reales.....	109
2.2.1. Valuación financiera de proyectos de inversión y estrategias de negocio mediante la utilización de opciones reales.....	114
2.2.1.1. Valor presente neto y sus limitaciones.....	114
2.2.2. Diferentes tipos de opciones reales.....	120
2.2.2.1. Opciones reales para la posposición de proyectos.....	120
2.2.3. Otros tipos de opciones reales.....	122

2.2.3.1. Opción real de expansión.....	122
2.2.3.2. Opción real de contracción.....	124
2.2.3.3. Opción real de cierre temporal.....	125
2.2.3.4. Opción real de permanencia.....	126
2.2.3.5. Opción real de abandono.....	126
2.2.3.6. Opción real de cambio tecnológico.....	127
2.2.3.7. Opciones reales compuestas.....	128
2.2.3.8. Valuación de opciones reales bajo el enfoque de ecuaciones diferenciales parciales.....	131
2.2.3.9. Análisis de sensibilidad con Delta, Gamma, Rho, Theta, Vega y Xi.....	132
2.3. Escenarios.....	133
2.3.1. Escenarios y pronósticos.....	134
2.3.2. El proceso de planeación y los escenarios.....	135
2.3.3. Tipos de escenarios.....	136
2.3.4. El aprendizaje y la planeación por escenarios.....	141
2.3.5. Enfoques para la construcción de escenarios.....	144
2.3.5.1. El enfoque francés.....	144
2.3.5.2 El enfoque norteamericano.....	148
La idea del negocio.....	148
Conversación estratégica.....	149
2.3.5.3. El enfoque nórdico.....	155
2.4. Metodología.....	161
Parte III. Aplicación metodológica.....	167
3.1. Introducción.....	168
3.1.1. ADSL.....	170
3.1.2. Wi-Fi.....	171
3.2. Planteamiento del problema.....	172
3.2.1. Introducción.....	172
3.2.2. Valuación financiera del proyecto de adopción.....	173
3.2.2.1. Estructura de plazos: Vasicek.....	173

3.2.2.2. Desarrollo del modelo de Vasicek.....	175
3.2.2.3. Estructura de plazos: Cox, Ingersoll y Ross (CIR).....	177
3.2.2.3.1. Estimación de los parámetros del modelo CIR transformando en un modelo de varianza constante con MCO.....	177
3.2.2.4. Valuación financiera utilizando el modelo de Black- Scholes: Versión Europea.....	180
3.3. Construcción de escenarios.....	184
3.3.1. Identificación del objeto (propósito) del desarrollo de escenarios...	184
3.3.2. La descripción de la idea del negocio.....	184
3.3.3. Descripción del entorno.....	186
Wi-Fi.....	186
Entorno del negocio.....	189
Entorno México y América Latina.....	192
3.3.4. Identificación de factores clave.....	195
3.3.5. Fuerzas motrices (Driving Forces).....	199
3.3.6. Construcción e interrelación de escenarios.....	203
La evolución.....	203
Lucha encarnizada.....	205
Más de lo mismo.....	207
Evaluación de resultados.....	208
 Anexo I. Metodologías y técnicas aplicadas a la planeación prospectiva....	 213
A.1. Métodos basados en medios.....	214
A.1.1. Escaneo de medios.....	214
A.1.2. Grupos de rastreo de tendencias.....	215
A.1.3. Medios visuales.....	215
A.1.4. Análisis de palabras clave.....	215
A.1.5. Análisis de contenidos.....	215
A.2. Métodos basados en entrevistas.....	216
A.2.1. Delphi.....	216
A.2.2. Conversaciones Delphic: entrevistas estructuradas.....	217

A.2.3. Datos a largo plazo.....	217
A.2.4. Grupos focales.....	218
A.2.5. Paneles de expertos.....	218
A.2.6. Grupos creativos (futuros).....	218
A.2.7. Diálogos futuros.....	219
A.2.8. Estudios futuros participativo.....	220
A.3. Métodos basados en líneas de tiempo.....	220
A.3.1. Desarrollo basado en formas o vías arquetípicas.....	220
A.3.2. Extrapolación de tendencias a través de un análisis basado en una línea de tiempo y análisis multivariado.....	222
A.3.3. Analogías.....	222
A.3.4. Tendencias a largo plazo y curva S.....	223
A.3.5. El surgimiento de nuevos paradigmas.....	223
A.3.6. Impactos cruzados probabilizados SMIC–prob–expert.....	224
A.4. Métodos de generación intuitiva.....	225
A.4.1. Lluvia de ideas (Brainstorming).....	225
A.4.2. Construcción intuitiva de líneas de tiempo.....	225
A.4.3. Encabezados y pósteres.....	227
A.4.4. Historias futuras.....	227
A.4.5. Paradojas.....	228
A.5. Métodos orientados a actores.....	229
A.5.1. Análisis de actores/Análisis de competidores.....	229
A.5.2. Observación de la competencia y análisis de la cadena de valor....	231
A.6. Métodos enfocados a consecuencias.....	231
A.6.1 El análisis morfológico.....	231
A.6.2. Administración de tópicos.....	233
A.6.3. Los Árboles de Competencia.....	234
A.6.4. Análisis de impacto simple (SIM, Single-Impact Analysis).....	235
A.6.5. Los árboles de pertinencia.....	236
A.6.6. Producción de eventos futuros.....	237
A.6.7. La probabilidad de los efectos.....	238
A.7. Métodos sistémicos.....	240

A.7.1. Análisis de la complejidad y la incertidumbre.....	240
A.7.2. Análisis de impactos cruzados.....	242
A.7.3. El análisis estructural.....	244
A.7.4. El método MACTOR.....	246
A.7.5. Análisis de sistemas.....	249
A.7.6. Mapeo causal/diagramas de lazos o relaciones causales.....	249
A.7.7. El análisis de sistemas como una herramienta de aprendizaje.....	250
A.8. Métodos multicriterio.....	252
A.8.1. Promethee GAIA.....	253
El plano GAIA.....	256
A.8.2. La técnica ELECTRE.....	258
A.8.3. MACBETH.....	262
Anexo II. Ecuaciones de Yule – Walker para la estimación de los coeficientes en Métodos AR.....	265
Cuando p es igual a 1.....	266
Cuando p es igual a 2.....	267
Anexo III. Equivalencia de tasas de rendimientos e interpolación de tasas....	268
Interpolación cúbica con estimación lineal de pendientes.....	272
Propiedades de la curva.....	272
Interpolación por cubic splines.....	274
Anexo IV. Modelo de tasa corta de Vasicek enfoque de ecuaciones diferenciales parciales.....	277
Anexo V. Modelo de tasa corta de Cox, Ingersoll y Ross (CIR).....	282
Bibliografía.....	287

INTRODUCCIÓN

El progreso tecnológico y la innovación se muestran en la actualidad como las vías más claras de la evolución, las cuales tienen una trascendencia relevante en el campo de la dinámica competitiva y la viabilidad de las organizaciones o sociedades. Los ciclos de vida tecnológicos y los sistemas que giran y se construyen en torno a ellos, pueden ser descritos, en ocasiones, mediante la construcción de escenarios, características, patrones, trayectorias organizacionales y comportamientos que permitan entrever el posible curso de las acciones y tendencias de desarrollo.

Sin embargo, la tecnología en sí, no representa la panacea del conocimiento; la tecnología es la herramienta que permite la ejecución y/o el desarrollo de las operaciones en forma eficiente y eficaz, es decir, la tecnología es el instrumento mediante el cual se optimiza, se reducen o se eliminan acciones que en el pasado imposibilitaban una cierta flexibilidad en los procesos. La flexibilidad que otorgan las nuevas tecnologías está referida, a menudo, en acciones tangibles y/o intangibles que pueden ser medidas mediante la utilización de métricas, de forma indirecta o directa, dependiendo de la naturaleza del proceso, giro o procedimiento sujeto a mejora. Por ejemplo, una disminución en el tiempo de ejecución del proceso, se traduce directamente en el ahorro financiero de los recursos destinados para la operación o en la generación de ganancias para la empresa, mediante la optimización relacionada en la reducción de la labor requerida para la producción de un bien o servicio hacia el interior y/o el exterior de la organización.

En este sentido, dentro del crecimiento tecnológico se presentan por lo menos dos problemas a saber: (1) El ciclo de vida de la tecnología –que en términos prácticos tiende a hacer obsoletas las innovaciones en períodos cada vez más cortos–; y (2) La competencia de las compañías por obtener el diseño dominante –la cuales someten a los consumidores a una gama extensa de productos–. Es por ello

que la difusión (hacia el exterior y hacia el interior) de la innovación, forma parte esencial de la estrategia para la creación de valor a la corporación. Entendiéndose por difusión como el proceso por el cual la innovación es comunicada por medio de ciertos canales a través del tiempo entre los miembros de un sistema social, los cuales tienden a minimizar a o incrementar la incertidumbre de la adopción en un entorno generalmente dinámico.

Cabe señalar que a la fecha, no se cuenta con una metodología bien definida que permita la valuación financiera de los riesgos de implementación de una nueva tecnología, es decir, las organizaciones recurren, cada vez y con mayor frecuencia, a técnicas complejas de evaluación de consecuencias en condiciones de gran incertidumbre, que permiten a las firmas la obtención de un panorama más extenso y flexible dentro de un futuro dinámico y competitivo. Si bien es cierto, existe una gran cantidad de metodologías que posibilitan la identificación de los impactos potenciales de una implementación tecnológica; dichas técnicas son incapaces de desarrollar un plan de opciones presupuestales adecuadas para la adopción tecnológica, que permitan además de la construcción de un escenario confiable, la incorporación de las diversas oportunidades posibles dentro de la evaluación financiera de cada proyecto de inversión de capital, con la finalidad de dirimir entre el estado actual y un posible estado futuro dentro un periodo de tiempo “*t*” determinado.

Actualmente la mayoría de las organizaciones realizan o proyectan la adopción y/o la implementación de innovaciones tecnológicas, tomando en cuenta las variables financieras, así como aquellos factores determinantes dentro del proceso de adopción, pasando por alto otras variables, que a su vez resultan de gran importancia y/o desempeñan un papel fundamental para el éxito de la adopción. Es decir, dentro del acogimiento de una nueva tecnología en el seno de la organización, las variables tangibles e intangibles resultan ser igualmente decisivas dentro del proceso. Considerar solamente los aspectos financieros dentro de éste (proceso de adopción/implementación) puede conllevar al fracaso de la empresa en un entorno dinámico, como son las nuevas tecnologías. Dentro de la adopción tecnológica existen ciertas variables que actúan de manera irreversible en la toma de decisiones, las cuales afectan el desempeño de la innovación de una forma directa y decisiva en la consecución de metas y objetivos dentro de las organizaciones.

El riesgo y la incertidumbre dentro del proceso de adopción de nuevas tecnologías se derivan no solamente de los factores financieros; más bien, estos son el reflejo de variables mucho más complejas dentro del entorno competitivo, tanto de manera localizada como global; es por ello que se requiere de una correcta identificación de los factores, variables y situaciones que incidan de forma directa dentro del proceso de adopción de una forma sistémica, con la finalidad de expandir y ampliar el marco de referencia de manera efectiva, permitiendo así la toma de decisiones apegadas a las estrategias, objetivos y metas de la organización, con el afán de maximizar los beneficios y rendimientos proyectados por la organización. Por lo que la identificación de las variables tecnológicas que intervienen en la adopción, son el comienzo dentro del proceso, requiriéndose para ello del desarrollo de una metodología que permita conjuntar, analizar y evaluar de forma efectiva todos aquellos factores que intervienen y las diferentes relaciones que tienen a lugar, dentro de un marco de referencia en particular.

Es por lo anterior, que en esta época de gran incertidumbre dentro de los mercados financieros, se requiere de herramientas flexibles y mucho más eficientes para la obtención de un marco de referencia en lo que a presupuestación se refiere, que además coadyuven al incremento de la eficiencia corporativa y la factibilidad de sobrevivencia a largo plazo en un mercado global y competitivo. La adopción de una nueva tecnología requiere de una adecuada justificación en su fase de implementación, así como de la cuantificación de los posibles beneficios tangibles e intangibles que se pudieran alcanzar o generar. En este sentido, el modelo utilizado para el desarrollo de Valor Presente Neto (*VPN*) resulta ser muy comprensivo en la práctica y requiere que los beneficios estratégicos sean identificados y cuantificados al inicio de cada etapa de inversión en el proceso de selección de alternativas, con la desventaja de que algunas opciones posibles podrían quedar latentes dentro del portafolio de opciones, sin tomar en cuenta que el valor estratégico a través del tiempo pudiera cambiar, dando como resultado que éste se destruya o se cree durante la implementación. Por ello, las herramientas tradicionales de valuación de proyectos (*TIR*, *DCF*, *VPN*, entre otros) son incapaces de valorar de una forma adecuada las inversiones en activos intangibles como el conocimiento, el aprendizaje, así como otro tipo de variables importantes como el establecimiento de las opciones iniciales de inversión.

Dentro de la valuación de proyectos de inversión tecnológica se hace necesaria la incorporación de técnicas cuantitativas y cualitativas, con el objeto de integrar a la visión del negocio una perspectiva más acertada sobre el futuro de la decisión, lo cual permite a los inversores la integración de nuevos y mejores elementos al proceso de valuación integrando los riesgos financieros presentes, tanto en el interior como en el entorno del mercado meta, posibilitando así la obtención de la información adecuada y requerida en la toma de decisiones. Cabe señalar que bajo, el criterio de las formas tradicionales de presupuestación, no se puede valorar hoy la posibilidad de que si el entorno de negocios y el ambiente económico son favorables dentro un tiempo determinado, un proyecto o estrategia pueda desarrollarse, simplemente porque hoy no se sabe si en un futuro puedan existir las condiciones para adoptar tal decisión. Esta opción o flexibilidad tiene un valor hoy que debería integrarse al valor estático que proporciona las técnicas convencionales de valuación de proyectos, a fin de estimar, en forma adecuada, un proyecto o estrategia que contemple el tiempo como una factor importante y determinante dentro de los factores que afectan de forma decisiva, la ejecución de un proyecto en un horizonte de tiempo determinado.

Bajo este entendido las *Opciones Reales* pueden mejorar la capacidad del proceso de la toma de decisiones concernientes a la inversión de activos dentro del mercado en donde se desarrollan las actividades en una organización, ya que éstas resultan ser herramientas flexibles para la toma de decisiones, que proporcionan valores razonables en oportunidades complejas de inversión complejas. Éstas, a su vez, toman en cuenta el valor de la administración del proyecto, la dependencia del tiempo, las interacciones e interdependencias propias del proyecto, así como la interacción de las opciones, permitiendo cuantificar, de una forma u o de otra, el riesgo de la inversión. Si bien es cierto que las opciones reales permiten tener una mayor flexibilidad dentro del campo de la valuación de alternativas, no explican en qué condiciones o en qué situaciones se puede obtener dicha flexibilidad, es decir, las opciones reales por sí mismas no explican en qué supuestos o situaciones resulta ser cierta dicha flexibilidad. Es por ello que resulta de gran utilidad incorporar la teoría de escenarios tecnológicos, con el afán de determinar en qué circunstancias se puede esperar el beneficio de la opcionalidad dentro de la valuación de un proyecto y en cuáles no.

El desarrollo de escenarios conlleva a realizar un estudio más profundo del entorno competitivo y observar los posibles cursos de acción en que pudiesen desembocar las situaciones futuras, permitiendo así analizar de una manera más amplia las condiciones en las que se podrá ejercer la opción, conllevando consecuentemente y de forma derivativa prepararse no sólo para el ejercicio de ésta (opción), sino también a situaciones que no se tenían contempladas con anterioridad mediante el desarrollo de estrategias para tal fin. El empleo de la planeación prospectiva (escenarios) permite explicar en qué condiciones o situaciones se puede obtener la flexibilidad requerida dentro de un proyecto de inversión, es decir, las opciones reales por sí mismas no explican en qué supuestos o situaciones resulta ser cierta dicha flexibilidad. Lo anterior conlleva al desarrollo de las posibles estrategias a implementar en cada uno de los escenarios, y determinar cuáles de éstas pueden ser comunes a los diferentes escenarios y cuáles no, ello permite la construcción de planes rectores y contingentes una vez que se determine la viabilidad de la ejecución o ejercicio de la opción de inversión.



PARTE I

MARCO DE REFERENCIA

El presente Capítulo desarrolla un panorama general sobre diversas metodologías empleadas para la predicción, evaluación y proyección del cambio tecnológico. De igual forma se analiza la problemática actual asociada a dicho cambio. Así mismo, se introducen algunos conceptos relevantes dentro del ámbito del desarrollo tecnológico y se dan algunas consideraciones importantes en lo referente al cambio tecnológico. Por último, se presentan algunas recomendaciones sobre la problemática actual de las metodologías existentes para la valuación de los riesgos tecnológicos.

Tópicos

- Ciencia y tecnología
 - Etapas de la innovación tecnológica
 - Investigación y desarrollo
 - Cambio tecnológico
 - Nuevas tecnologías y el futuro
 - Identificación del problema tecnológico
-

1.1. Generalidades

1.1.1. El proceso de las trayectorias de dependencia dentro del riesgo financiero de la adopción tecnológica (Antonelli, 1999).

Según Antonelli (1999) en el contexto de las trayectorias de dependencia dentro de la evaluación de las nuevas tecnologías (*path dependence*), la irreversibilidad y la indivisibilidad asumen una nueva forma más radical. Sin embargo, la irreversibilidad y la indivisibilidad *per se*, han sido destacadas por los economistas por su forma de combinación e influencia dentro del cambio estructural; sin embargo, éstas no han sido cubiertas dentro de las nuevas áreas económicas. La irreversibilidad y la indivisibilidad han sido el origen de muchas clases conocidas de fallas en los mercados. El traslape de diferentes clases de irreversibilidad e indivisibilidad, dentro del cambio estructural, generan un proceso dinámico cuyos efectos son evidenciados solamente a través del tiempo con importantes consecuencias en términos de equilibrio y múltiples discontinuidades. La transición de las condiciones

de no equilibrio hacia el equilibrio, puede ser obstaculizada o retrasada en forma indefinida debido a estos factores.

El término de irreversibilidad es familiar en el ámbito económico. Este término puede ser definido como la dificultad de cambio de un comportamiento o elección dada. Esto puede ser evaluado mediante el costo de oportunidad en un momento dado $t + 1$, desde cualquier intento de compromiso de cambio de un comportamiento o elección dada en un tiempo t . Una gran variedad de fenómenos pueden ser catalogados como irreversibilidad, incluyendo los costos asociados entre los productores y los consumidores (*switching costs*), sobre todo cuando el cambio de la mezcla de productos o factores de producción entran en juego dentro del paradigma actual, así como también la caída o hundimiento de dichos costos (*switching costs*), es decir, la diferencia entre el valor de los activos en el mercado *ex-ante* y el precio de compra *ex-post* (Antonelli, 1999).

La indivisibilidad, entre los factores de producción, conlleva a una gran variedad de fenómenos dentro de las economías técnicas y pecuniarias a gran escala. La importancia de la indivisibilidad y la irreversibilidad se hace presente de una forma fehaciente cuando el análisis económico se focaliza en el rol de la información como un bien económico. La reputación, así mismo, es el resultado de la irreversibilidad y del impacto de la información. Los costos de transacción son, de la misma manera, el resultado de una forma especial de indivisibilidad. Bajos niveles de apropiabilidad y aprendizaje pueden describir un caso especial de indivisibilidad. En alusión a lo anterior, la inapropiabilidad tiene importantes implicaciones dinámicas en términos de interdependencia entre los innovadores y usuarios-productores en los sistemas de innovación, así como los distritos tecnológicos y zonas industriales que promueven la oportunidad de imitación y recombinación tecnológica, lo que ofrece como resultado la obtención de eficiencias terminales considerablemente mayores en términos de competitividad. La competitividad y el estándar económico son edificados sobre estrictas asunciones acerca del alcance de las acciones económicas. Los agentes económicos son inducidos a actuar solamente cuando existen procedimientos tendientes a la optimización y a las acciones; en este caso, son estrictamente paramétricas, siendo éstas el ajustamiento de los precios o las cantidades en función del precio. Una acción estructural vista

como un cambio intencional, es la incorporación de una nueva tecnología en la función de producción o de tendencia en la función de utilidad, lo cual descansa fuera del alcance de los estándares económicos actuales. Los gustos, las tendencias y la tecnología pueden cambiar estrictamente en respuesta de fuerzas endógenas y de la demanda. En estudios recientes sobre inversiones de capital se deja entrever la importancia de la irreversibilidad y las imperfecciones del mercado, y sobre todo, las restricciones financieras en dichas inversiones, representado éstas, un punto fundamental dentro del estudio y el desarrollo en el área de la valuación de activos financieros (Holt, 2003).

Cuando un cambio estructural ha tenido lugar, las tendencias, los gustos y la tecnología, llegan a convertirse en variables endógenas las cuales son determinadas por la interacción de los agentes, quienes a su vez pueden deliberadamente cambiar su propia función de producción o de utilidad. El proceso de aprendizaje juega un papel importante en la determinación del cambio estructural para la organización. El aprendizaje consiste en un caso peculiar de indivisibilidad en estos agentes, mientras que la manufactura o las ventas también presentan un proceso de aprendizaje dentro de unas condiciones de mercado establecidas. En la actualidad se puede encontrar literatura diversa en relación a los diferentes procesos de aprendizaje existentes, entre los cuales se tienen (Arrow, 1962; Stiglitz, 1987, Antonelli, 1992 y Malerba, 1992):

- Aprender haciendo (*learning by doing*)
- Aprender utilizando (*learning by using*)
- Aprender consumiendo (*learning by consuming*)
- Aprender olvidando (*learning by forgetting*)

Además de los efectos del aprendizaje, la utilidad y la función de producción de cada agente puede ser influenciada por acciones tanto intencionales como no intencionales por parte de otros agentes. El cambio estructural en este sentido, más bien debe observarse como el resultado de un esfuerzo autónomo de aprendizaje por los agentes, y como la resultante del cambio inducido por las otras partes. De acuerdo a esta aproximación, las organizaciones hacen más que jugar o cambiar el precio de las cantidades de producción y viceversa; sino más bien dichas

organizaciones son capaces de manipular de forma interactiva la estructura del sistema. La tecnología, los gustos y las tendencias en un tiempo t son el resultado de un estrategia de interacción entre el mercado, en donde los agentes desarrollan sus operaciones en un tiempo $t - 1$, es decir, que la estrategia de interacción en el mercado no sólo determina las cantidades y los precios, sino también, los gustos, las tendencias y la tecnología (Antonelli, 1999).

Cuando el crecimiento económico es una vía o trayectoria de dependencia, la teoría utilizada en los estados estacionarios resulta ser un marco de referencia inadecuado e inoperante ante tales circunstancias. Los agentes son expuestos a cambios que afectan de manera sensible su comportamiento y sus expectativas; el proceso dentro de las trayectorias de dependencia debería ser considerado como un proceso en el cual los agentes no necesariamente tienen un total entendimiento, o no poseen la claridad suficiente de la secuencia y el tiempo de duración de cada etapa a través del tiempo. El tiempo entonces pasa a ser una fuente de incertidumbre sobre las consecuencias de cada acción implementada o en vías de implementación. Es solamente desde que la trayectoria de dependencia puede ser considerada como trabajo, el tiempo, también es un asunto irreversible: la secuencia de las etapas de crecimiento o desarrollo no pueden, bajo ninguna circunstancia, retroceder el tiempo y cambiar los perfiles y las intenciones de las acciones, así como tampoco el de sus respectivos efectos (Antonelli, 1999).

Consecuentemente, el tiempo resulta ser un asunto de vital importancia, ya que éste afecta en gran medida el proceso de selección, así mismo, cabe señalar que la tendencia hacia las condiciones de equilibrio se ve dramáticamente influenciada por las condiciones y acciones dentro de los mercados, ya que el resultado de cualquier proceso de ajuste dentro de la dinámica de las fuerzas del mercado depende de las condiciones iniciales de éste, y del comportamiento de los agentes involucrados en cualquier punto del tiempo. Cuando ocurre un crecimiento en las trayectorias de dependencia, los principios utilizados para el análisis dentro de una economía estacionaria, son inoperantes dentro de un mercado (como se mencionó anteriormente), el cual se desarrolla en un ambiente dinámico, en donde actúa una gran variedad de agentes y fuerzas que propician un estado inicial de desequilibrio (Antonelli, 1999).

Dentro de la economía tradicional los agentes económicos son considerados como entes capaces de generar cambios dentro de la estructura del sistema (los cuales son las funciones de producción y utilidad). Una variedad de modelos y estudios empíricos ha explorado los efectos de la erogación de recursos destinados a la Investigación y Desarrollo (*R&D*, por sus siglas en inglés) sobre el factor total, en cuanto a la productividad de las firmas se refiere; la relación entre las presiones de la demanda y la dirección del cambio tecnológico y los cambios en los precios relativos de los precios de los factores de producción, es un mecanismo que induce a incrementar la tasa de introducción de innovaciones, así como los factores de intensidad (Antonelli, 1999).

Las estructuras industriales están caracterizadas por el gran nivel de heterogeneidad entre los sectores, regiones y organizaciones. Los sectores difieren en términos de niveles de concentración, número de firmas, tasas de entrada y salida, formas de rivalidad y competencia, condiciones de acceso al conocimiento tecnológico, tasas de crecimiento y productividad. Las organizaciones o firmas difieren en términos de tamaño, antigüedad, organización, capacidades de innovación y aprendizaje, costos fijos, conductas de mercado, distribución de los derechos de propiedad y, sobre todo, lo más elemental, la rentabilidad, la productividad y el crecimiento de las empresas. Las regiones difieren en términos de la composición (mezcla) de los sectores y firmas, y lo más importante, en las condiciones de entrada y salida de los mercados, incluyendo los sistemas locales de innovación (Antonelli, 1999). Sin embargo, todas ellas interactúan de una forma compleja, y para tratar de describir su movimiento se deben utilizar herramientas dinámicas y flexibles que den respuesta a horizontes complicados y complejos, mediante la utilización de condiciones de mercado dinámicas, para lo cual las herramientas financieras tradicionales resultan ser inoperantes para este tipo de proyecciones, estudios y/o factibilidades.

1.1.2. Definición económica del conocimiento

Según los principios arrowianos la microeconomía asume que el conocimiento tecnológico y la información coinciden de una forma u otra. El conocimiento

tecnológico, como la información, podrían ser considerados como un bien público. Mediante la visión anterior, dicho tipo de conocimiento tendría un alto grado de indivisibilidad, ya que serían posibles las transferencias y el aprendizaje a bajo costo. Sin embargo, la propiedad del conocimiento no es exclusiva de los generadores de éste, ya que puede utilizarse en otras áreas del conocimiento bajo diferentes condiciones, las cuales no fueron concebidas desde su origen mismo. Por lo tanto, resulta difícil encontrar el precio de divulgación de dichos conocimientos como información pública (Antonelli, 1999). La generación del conocimiento tecnológico y técnico es el resultado de una cadena deductiva que muchos científicos utilizan para el desarrollo de sus investigaciones puras y/o experimentales, es decir, el conocimiento es aplicado a actividades específicas en cada organización. El aprendizaje es asociado actualmente a la adquisición de nuevos bienes de capital y recursos humanos de soporte tecnológico. El flujo actual de la información tecnológica es considerado como algo espontáneo del sistema económico en cuestión. Debido a lo anterior, los derechos de la propiedad intelectual han aumentado, pero se han reducido los alcances de la socialización de los beneficios de las innovaciones (David, 1994; Gerosky, 1995 y Antonelli, 1999).

De acuerdo con lo antes mencionado hay una distinción muy importante entre el conocimiento tecnológico y la información tecnológica, lo cual implica que la competencia y las capacidades necesarias para la utilización de la información dentro del contexto en específico que cada agente genera en el proceso de comunicación, y nuevas formas de conocimiento que se añaden a la anterior. El conocimiento como tal es localizado dentro del *proceso de aprendizaje tácito* que se encuentra inmerso dentro del acervo de experiencias y la idiosincrasia de cada inventor o innovador. En particular, el conocimiento tecnológico tiende a localizarse y definirse técnicamente, institucionalmente, regionalmente e industrialmente en cada región, sector, etc. El carácter localizado del conocimiento tecnológico se encuentra en aumento en lo que respecta a su apropiabilidad, reduciéndose la circulación de manera espontánea dentro del sistema económico en cuestión (Jorde y Teece, 1990; Rosemberg 1990 y Antonelli, 1999).

Es por ello que, desde hace algún tiempo, el conocimiento tecnológico tiende a ser específico y costoso, en donde los análisis y los esfuerzos de comunicación resultan necesarios para su transmisión y adquisición. La transferencia y la adaptación del conocimiento tecnológico de una firma a otra involucran ciertos costos específicos, de acuerdo a ciertos estudios empíricos realizados por algunos autores como Nelson (1991) y Rosemberg (1990). Es así como la generación del conocimiento localizado es vista como el resultado de un fuerte compromiso colectivo influenciado por la disponibilidad de la información y la calidad de los canales de comunicación entre los agentes del aprendizaje (Von Hippel, 1988).

Es importante mencionar que las innovaciones y los cambios tecnológicos son las fuerzas que generan el mayor crecimiento industrial y económico. Las organizaciones de forma individual buscan, de una forma u otra, la selección de proyectos dentro de un portafolio de inversiones que permitan la generación de más y mayores rendimientos posibles dentro del proceso de inversión, es decir, buscan la maximización de las utilidades en relación a cada unidad monetaria invertida en la opción, en donde la incertidumbre y el riesgo inherente al proyecto causan un impacto determinante dentro de la factibilidad de la inversión (Otto, 1998).

La información tecnológica, en su forma de conocimiento codificado, se adquiere como un conocimiento tácito a través de la repetición de acciones y externalidades tecnológicas desde los sistemas de innovación regionales y tecnológicos, los cuales son obtenidos mediante esfuerzos de comunicación sistemáticos, siendo éstos, los ingredientes que representan y permiten el desarrollo de los procesos básicos para la creación de nuevas formas de conocimiento. El conocimiento es entonces el resultado de un complejo proceso de creación de información nueva, guiado por la competencia de cada agente involucrado; éste se ve inmiscuido en una mezcla de conocimientos tácitos adquiridos mediante el proceso de aprendizaje, la socialización, la experiencia y la recombinación de la información disponible y las actividades formales de *R&D*.

Específicamente, el conocimiento tecnológico ha sido utilizado y generado por las organizaciones a través de cuatro tipos diferentes de formas de conocimiento, a saber:

- 1) El conocimiento tácito.
- 2) El conocimiento codificado.
- 3) El conocimiento interno.
- 4) El conocimiento externo.

Resulta de suma importancia diferenciar entre las formas de conocimiento hasta ahora conocidas, las cuales se mueven a lo largo de dos ejes principales, como son: el conocimiento tácito y codificado, y el conocimiento externo e interno. Por lo tanto, se puede presentar un conocimiento tácito interno y externo y/o otro conocimiento codificado interno y externo. El conocimiento tácito interno consiste en las experiencias y reglas que no han sido articuladas, las cuales, han sido generadas mediante procesos de aprendizaje: *by learning by doing, learning by using, etc.* El conocimiento tácito externo es adquirido a través del intercambio formal y la socialización, el cual además requiere de la dedicación de grandes esfuerzos que permitan la internalización de las externalidades tecnológicas, dentro de los sistemas de innovación tecnológica regionales en la que operan las organizaciones. El conocimiento interno codificado es el resultado de aquellas actividades propias de la investigación y el desarrollo. Por tanto, la introducción de nueva información y nuevas tecnologías de comunicación e información alteran la organización económica actual en la producción del conocimiento, la cual está basada en altos niveles de integración vertical de búsqueda y descubrimiento de procesos dentro de las organizaciones, viéndose involucrados bajos niveles de transacción en los mercados de información tecnológica, esto es debido a los problemas de apropiabilidad y no exclusividad del conocimiento. La información nueva o novedosa y los sistemas de información tecnológicos permiten acceder de una forma menos complicada a los factores de almacenamiento, posibilitando que los procesos de intercambio de información tecnológica se realicen de una manera más segura, a través del acceso a bancos de datos y softwares especializados (Antonelli, 1999).

En conclusión, se puede decir que para la implementación de una nueva tecnología dentro de una organización, se hace necesaria una inversión en activos cognoscitivos, ya sean éstos tácitos o codificados, que permitan no sólo la implementación de la tecnología en cuestión, sino también la evaluación de las

posibilidades de su incorporación dentro de la empresa lo cual no se puede realizar mediante los métodos convencionales de proyección, debido a la naturaleza cambiante de las nuevas tecnologías. Es por ello, que el conocimiento resulta ser ya no un bien, sino un activo importante dentro de la firma; de lo contrario, se carecería de los elementos necesarios para diagnosticar, proyectar y evaluar, mediante el uso de un horizonte más amplio y flexible de la conveniencia de la capacidad productiva actual o futura de la empresa y ,sobre todo, la factibilidad del uso de este conocimiento, así como el diagnóstico de la configuración actual, y de los ajustes necesarios, ya sean estos de contracción o expansión dentro del mercado, o si se hace necesaria la tecnológica y el porqué de esta necesidad. Lo anterior permite además medir los beneficios económicos que pudieran surgir de cada opción en un momento determinado t a través del tiempo. La adopción de una nueva tecnología en un sistema de producción de bienes y/o servicios, siempre y cuando sea ésta irreversible, redundará en un cambio en el equilibrio de la demanda y la oferta de los activos organizacionales (Wang, 2000).

1.1.3. Ciencia y tecnología

El aspecto epistemológico en la práctica tecnológica consiste en resolver problemas prácticos en el plano del quehacer científico, es decir, la generación del conocimiento. Esta reflexión teórica acerca del trabajo tecnológico no implica forzosamente el concepto de la producción de componentes físicos y tangibles; la tecnología no necesariamente es cuantificable por los productos finales; su verdadera dimensión se encuentra dentro de su contenido social y cognitivo dentro del proceso de conocimientos transaccionales (producción y difusión). Cuando el proceso de conocimientos transaccionales se lleva cabo de forma voluntaria o no, la difusión del nuevo conocimiento tecnológico trae consigo en forma inherente el cambio tecnológico, implicando con ello un proceso lento pero continuo de acumulación de conocimientos, incluyéndose un proceso de aprendizaje para las partes involucradas. A menudo las innovaciones tecnológicas están determinadas por funciones sociales o del inventor, dejando de lado el comportamiento intrínseco de la invención en el campo de conocimiento, lo cual de una forma u otra tiende a limitar las capacidades iniciales de la invención (Nightingale, 2004).

La significancia del cambio tecnológico, como el conocimiento de cambio, es la base de una triple interacción entre la tecnología, la cultura y la sociedad. Dicha transferencia es el resultado de los cambios en la producción, es decir, la interrelación entre los actores dominantes con otros grupos sociales, los cuales producen y reproducen el crecimiento cognitivo dentro de la sociedad (Nightingale, 2004).

1.1.4. La innovación

Antes de referirse a la innovación como tal deben hacerse ciertas consideraciones, ya que existe una diferencia esencial entre invento e innovación. La invención consiste en la creación de nuevos productos, nuevas tecnologías y nuevos procesos. La innovación es la explotación comercial o la adopción de la invención (Shumpeter, 1939 y Stock *et al*, 2002). La actividad innovativa se desarrolla y tiende a explicarse actualmente, mediante las trayectorias trazadas por las metodologías evolutivas, las cuales establecen que existe una fuerte relación entre la experiencia y el conocimiento acumulado por las organizaciones o las sociedades (Storto, 2005).

El proceso innovativo, mencionado anteriormente posee un carácter contingente, ya que éste es el resultado de una actividad investigativa que depende del estado y de la actualización del conocimiento en el momento en que se realiza el proceso (Storto, 2005), el cual se nutre de diversas fuentes, entre las cuales se encuentran las siguientes (Escobar, 2005):

- a) El conocimiento científico.
- b) El reconocimiento de la necesidad de productos o procesos nuevos o mejorados.
- c) El descubrimiento técnico que presenta características específicas de una tecnología económicamente atractiva en una o más áreas de aplicación.

Así mismo, en el proceso de innovación es posible reconocer tres elementos fundamentales, como son estos (Escobar, 2005):

1. *La investigación básica*: Trabajo experimental o teórico que se lleva a cabo para el desarrollo de nuevos conocimientos sobre los fenómenos y hechos sin ninguna aplicación ni uso particular aparente.
2. *La investigación aplicada*: Investigación que se realiza con la finalidad de la adquisición de nuevos conocimientos dirigidos hacia un objetivo de aplicación. En este sentido, la investigación aplicada que se enmarca dentro de una secuencia programática de búsqueda que tiene como núcleo el diseño de teorías científicas.
3. *El desarrollo experimental*: Trabajo sistemático que se basa en los conocimientos existentes adquiridos a través de la investigación o experiencia práctica y está dirigido a la elaboración de nuevos materiales, productos y aparatos, así como a la instalación de nuevos procesos, sistemas y servicios, y al mejoramiento sustancial de aquellos ya producidos o/e instalados.

1.1.5. Etapas de la innovación tecnológica

En su mayoría, no todas las innovaciones pasan directamente de la inventiva del ser humano a la utilización por parte de la sociedad en un campo determinado, generalmente dichas innovaciones pasan a través de ciertas etapas, las cuales representan el grado de practicidad o funcionalidad para la resolución de problemas. A continuación se enlistan las etapas por las que generalmente atraviesan las innovaciones tecnológicas (Martino, 1993 y Ayres, 1969):

1. Descubrimiento científico
2. Factibilidad del modelo
3. Operación del prototipo.
4. Introducción comercial o uso operacional
5. Adopción de la innovación
6. Difusión hacia otras áreas
7. Impacto social y económico

Descubrimiento científico

En esta etapa la innovación existe en forma de conocimiento o entendimiento de un fenómeno. Pero dicho conocimiento no es capaz aún de ser utilizado para la resolución del problema.

Factibilidad del modelo

En esta fase se verifica si el modelo es factible bajo condiciones controladas y bajo la supervisión de personal experimentado, no encontrándose apto todavía como para la producción de éste a una escala comercial.

Operación del prototipo

En la etapa de operación, el componente se construye con la intención de que funcione apropiadamente en un ambiente operacional (condiciones reales), cumpliendo con ciertas especificaciones como pueden ser estas: la confiabilidad, la funcionalidad, la operacionalidad, la facilidad de uso, entre otras. Todo esto orientado a la utilización de dicho componente por cualquier tipo de usuarios.

Introducción comercial o uso operacional

En la introducción comercial o uso operacional, no sólo se presenta una adecuación técnica y de diseño, sino que también se hace presente la factibilidad económica del componente lo cual implica que no sólo pueda satisfacer las necesidades de los usuarios, sino, además que dicha tecnología se encuentre al alcance del consumidor.

Adopción de la innovación

En esta parte del ciclo, la innovación ha demostrado ser económicamente factible y superior a otros productos utilizados en el pasado, que en algún tiempo fueron empleados para la resolución del mismo tipo de problemas.

Difusión hacia otras áreas

La difusión hacia otras áreas ocurre cuando la innovación es utilizada en otros campos de conocimientos afines o no, en donde ésta no había incursionado por falta de capacidad en el desarrollo de nuevas aplicaciones.

Impacto social y económico

En muchas ocasiones se desconoce hasta qué punto impactará su utilización (de la innovación) en detrimento o beneficio dentro del campo social o ambiental, ya que muchas de las actividades económicas, sociales, políticas, etc., pudieran girar en torno a dicha innovación, como sucedió y sucede a la fecha con la invención de la televisión.

El advenimiento de un cambio radical por la inclusión de una innovación es marcado por un sentido relativamente bajo de urgencia y un alto grado de incertidumbre en el campo industrial. Las organizaciones, generalmente, no poseen la certeza necesaria como para dilucidar sobre la forma en que el cambio pudiera afectar el mercado industrial; dichas instituciones en esta etapa no se ven impelidas a la formación de alianzas relacionadas con las fuentes tecnológicas. La motivación entonces se produce en el momento en que los niveles de incertidumbre y de urgencia llegan a su punto más álgido dentro del ciclo, toda vez que la innovación ha demostrado su eficacia y efectividad; y es solamente entonces cuando las empresas tienden a moverse rápidamente hacia una posición segura dentro del mercado, empezando la búsqueda y la concretización de alianzas que permitan alcanzar su cometido. Durante las siguientes etapas del ciclo de vida tecnológico los niveles de incertidumbre y urgencia disminuyen, por lo que se enfocan meramente a la adquisición tecnológica y desarrollo interno de la organización (Lambe *et al*, 1997).

1.1.6. Investigación y desarrollo (Research and Development, R&D)

Los términos Investigación y Desarrollo se han convertido bajo la expresión de *R&D* (por sus siglas en inglés) en un concepto estrechamente relacionado con el pensamiento administrativo, en el cual, generalmente los responsables sobre quienes recae la decisión dentro del proceso de selección de alternativas dentro de las organizaciones, no tienden a distinguir las diferencias esenciales entre ellos ni las clasificaciones existentes. En el Cuadro 1.1, se exponen los tres tipos de *R&D* existentes y sus características.

Cuadro 1.1.
Características de los tres tipos de R&D

Tipo de R&D	Características
Bajo nivel de investigación y un alto nivel de desarrollo.	Normalmente se refiere a la explotación inteligente de los conocimientos científicos y de ingeniería en nuevas formas, caracterizadas por riesgos de bajo nivel y utilidades moderadas.
Alto nivel de investigación y un alto nivel de desarrollo.	Creación de nuevos conocimientos para la compañía, para el alcance de objetivos específicos del negocio, caracterizados por riesgos y utilidades de alto nivel.
Alto nivel de investigación y carencia de desarrollo.	La creación de nuevos conocimientos para la compañía, para ampliar y profundizar el entendimiento de las áreas científicas y de ingeniería de la empresa, caracterizadas por riesgos de alto nivel y cierto grado de incertidumbre en cuanto a la aplicación sobre las necesidades de la organización. Costos altos y altamente especulativos con resultados comerciales inciertos y en un horizonte a largo plazo.

Fuente: Roussel *et al*, 1991.

1.1.7. Adquisición de tecnología externa y el funcionamiento organizacional

La decisión de realizar o comprar R&D depende del grado del crecimiento del mercado y del progreso tecnológico, según se muestra en el Cuadro 1.1.

Al analizar la matriz de este cuadro se pueden encontrar tres situaciones distintas para la selección de alternativas:

- a) *Progreso tecnológico lento y crecimiento del mercado lento/moderado:* en esta situación la opción preferible es la R&D interna. La razón de ello es que si se obtienen resultados exitosos en la R&D, se logrará una ventaja temporal del producto o de los procesos de producción de la innovación.
- b) *Progreso tecnológico rápido y crecimiento del mercado lento:* en esta situación los esfuerzos en R&D resultan riesgosos, debido a que pueden conducir al desarrollo de nuevas tecnologías no implementables o

tecnologías para las cuales no existirá mercado, debido a que no existe una necesidad a corto plazo para su adquisición tecnológica por parte de las organizaciones.

- c) *Progreso tecnológico lento y crecimiento del mercado rápido*: Para esta situación no hay tiempo suficiente como para el desarrollo de R&D interna. La estrategia apropiada en este caso, en particular, estriba en el licenciamiento de la tecnología por parte de la corporación.

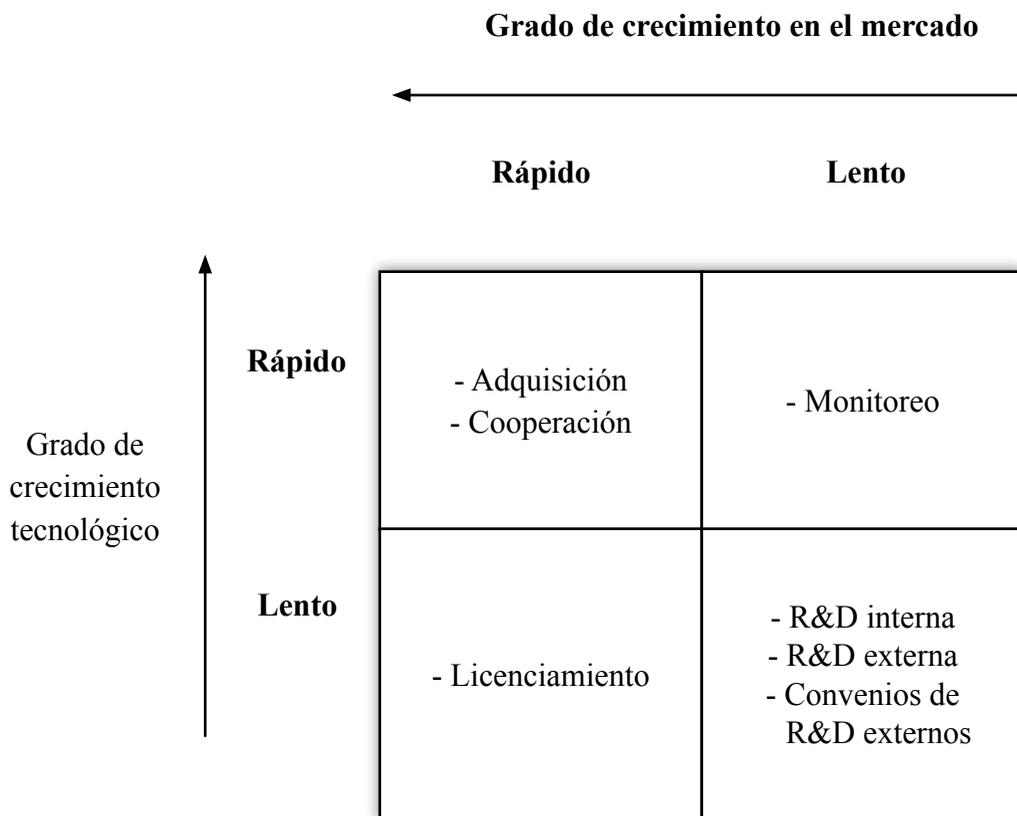


Figura 1.1 Criterios de selección de adquisición de tecnología

Fuente: Adaptado de Abbetti, 1989.

Aunado a lo anterior, en forma complementaria, para el desarrollo de criterios adecuados que permitan la optimización en la selección y evaluación de alternativas, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos (Abetti, 1989):

- 1) *El grado de ventaja*: Disponible para la empresa después de la implantación, lo cual depende del grado de autonomía con respecto a la utilización de la tecnología.
- 2) *El tiempo de retraso*: Necesario para la incorporación de la tecnología en cuestión, como bienes de la organización.
- 3) *El costo de adquisición*: Relativo de la tecnología.
- 4) *El riesgo relativo*: Que representa la adquisición tecnológica en lo concerniente a su no incorporación al seno de la corporación u organización.

1.1.8. Incertidumbre y riesgo

Dentro de la *R&D* es necesario realizar una distinción entre la incertidumbre y el riesgo. La incertidumbre es una situación que no permite tener acciones y objetivos bien definidos. Dicha incertidumbre, por lo tanto, no puede ser administrada; pero sí a menudo puede ser re-conceptualizada en forma de riesgo, el cual es susceptible de ser cuantificable y, por lo tanto, administrable. La cuantificación del riesgo involucrado en la *R&D* se expresa, generalmente, en una función de probabilidad, la cual se encuentra inmersa dentro del campo de las expectativas financieras y de negocios.

Moenaert *et al*, (1990) mencionan que dentro de la innovación tecnológica es posible distinguir cuatro fuentes de incertidumbre: (ver Figura 1.2).

- a) *Incertidumbre de los consumidores*: Se refiere a los requerimientos no identificados de los usuarios.

- b) *Incertidumbre tecnológica*: Se refiere a la falta de conocimientos acerca de soluciones tecnológicas.
- c) *Incertidumbre competitiva*: Es la ausencia de información acerca de los competidores.
- d) *Incertidumbre de los recursos*: Ausencia de información necesaria para crear innovaciones.

La incertidumbre involucrada en los proyectos es generalmente mayor en las fases iniciales, cuando los costos son relativamente bajos, como se puede observar en la Figura 1.3, la cual a su vez presenta un nivel de riesgo asociado a cierto nivel de madurez de tecnología y consecuentemente con el proceso de selección de ésta.

Para una evaluación correcta y adecuada del riesgo en la adopción tecnológica, entre diversas alternativas, se deben identificar los siguientes factores:

- Las áreas de incertidumbre asociadas con dicha tecnología.
- El nivel de incertidumbre en cada alternativa.
- El número de enfoques potenciales para el manejo de la incertidumbre (a mayor número, menor será el riesgo).
- El riesgo de aplicación de dicha tecnología en cuanto al tiempo de asimilación.
- Los riesgos postventa generados (en cuestión a la capacidad de servicio tecnológico).
- El riesgo de abandono (desprestigio ante los clientes insatisfechos).

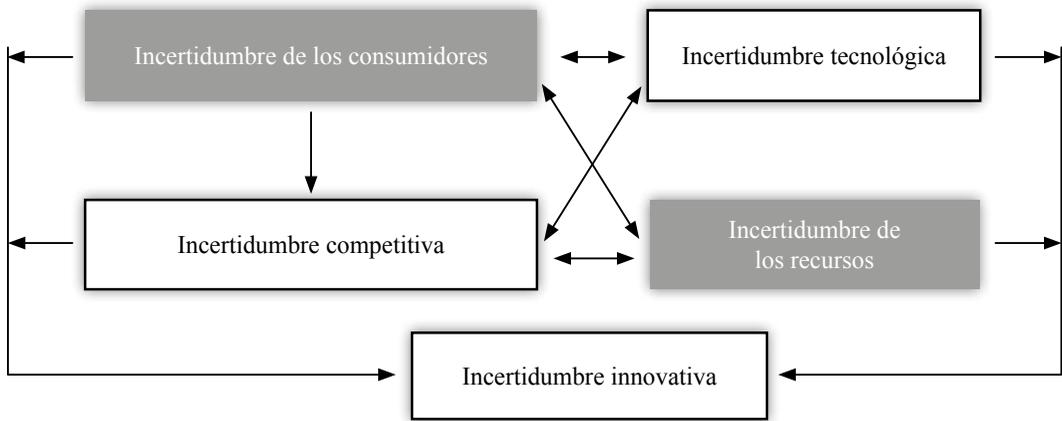


Figura 1.2. Incertidumbre y sus relaciones

Fuente: Adaptado de Moenaert *et al*, (1990).

Nivel de riesgo de la adopción

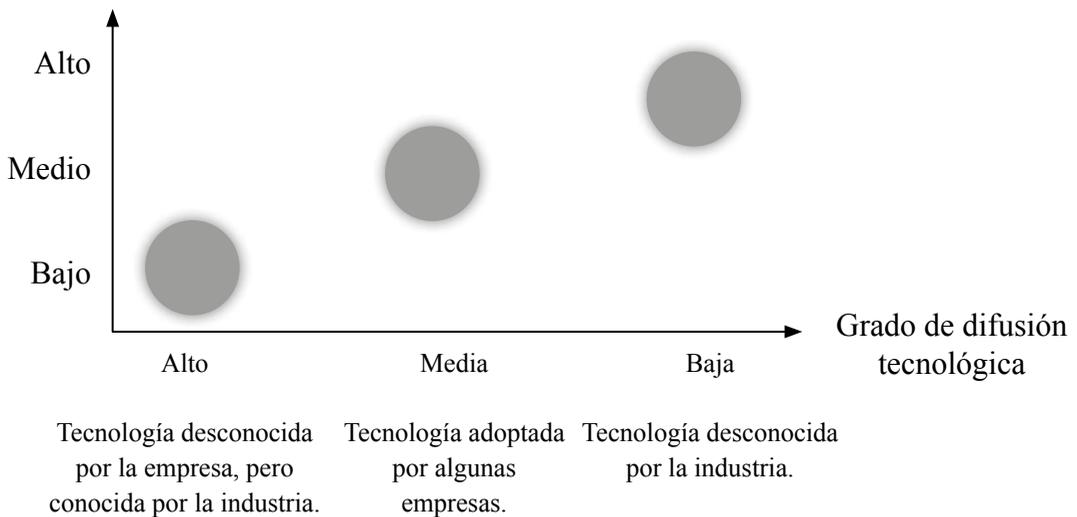


Figura 1.3. Criterios de selección tecnológica

Fuente: Adaptado de Escobar, 2006.

1.2. Cuantificación del cambio tecnológico

Según el diccionario, tecnología se define como “todo cuerpo y cúmulo de metodologías y materiales utilizados (industrialmente y comercialmente) para alcanzar objetivos (Martino, 1993). Esto quiere decir que la definición por sí misma no sólo hace referencia al desarrollo o dependencia de un servicio o producto en particular, sino también que en ella se encuentran contenidas las técnicas, herramientas y procedimientos que permiten la realización de acciones dirigidas con un propósito específico: el beneficio de la organización. El término de tecnología, en la actualidad frecuentemente es asociado con el desarrollo de la ciencia basada en el conocimiento científico.

En relación a lo anterior, el cambio tecnológico es un término que generalmente ha sido mal entendido o mal comprendido en su concepto mismo desde el inicio de su concepción. Entre los primeros visionarios que observaban que dicho cambio jugaba un papel de relevante dentro del ámbito del desarrollo y el crecimiento económico, tenemos a Marx y Shumpeter (Parayil, 1997). De igual manera, Abramovitz y Solow, según Parayil (1997) y algunos economistas neoclásicos, la tecnología es una caja negra, en la cual los procesos internos son difíciles de conceptualizar. Trabajos empíricos subsecuentes utilizan las funciones de producción para tratar de descubrir el rol del cambio tecnológico en el crecimiento económico, convirtiéndose en estudios superficiales que evaden el problema, dándoles una connotación evasiva de la realidad de las cosas (Modelo de crecimiento de Solow); en esfuerzos recientes (teoría evolutiva), Paul Romer (Parayil, 1997) caracteriza el cambio tecnológico como un cúmulo de variables exógenas, planteando además que dicho término debe de ser conceptualizado, más bien, como una idea y no como un proceso cuantificable, ya que esto dará como respuesta solamente aspectos cualitativos involucrados dentro del cambio tecnológico y no la estructura misma el proceso.

En el campo sociológico algunos autores como Pinch, Bijker, Callon, Law y Latour, según Parayil (1997), intentaron conceptualizar el cambio tecnológico utilizando el constructivismo social a través de una serie de modelos que proporcionarían una explicación válida a los procesos internos del modelo de caja negra. Pero no fue

sino hasta que se desarrollaron los modelos evolucionarios neoshumpeterianos acerca del cambio tecnológico, conceptualizados por Nelson, Winter, Dosi, Sal y otros (Parayil, 1997); en dichos modelos se vislumbra una nueva forma de entendimiento del problema en cuestión. Los modelos anteriores, conceptualizan el cambio tecnológico desde el significado epistemológico del término, en los cuales se plantea como punto de partida que la tecnología "*es todo aquel conocimiento humano relacionado con el desarrollo de innovaciones para la resolución de necesidades y problemas*". Y es por ello que la asunción histórica en la cual se le atribuye el término tecnología a la ciencia, es errónea. La autonomía intelectual de la tecnología como un sistema de conocimientos distintos, separados de la ciencia, ha empezado a reconocerse a través del desarrollo de modelos en los que se intenta esclarecer la diferencia entre el cambio tecnológico y el cambio científico, así como las diferencias entre los sujetos, variables y actores involucrados en dicho cambio.

1.2.1. La teoría del crecimiento exógeno

El modelo neoclásico de crecimiento económico fue desarrollado primeramente por Solow y Swan en los años cincuenta. El modelo de Solow-Swan, según Mulder *et al*, (2001), plantea un marco teórico para el entendimiento del crecimiento de la producción a nivel mundial y las diferencias de producción geográficas en el producto *per cápita*. Éste supone una constante del retorno del capital y el ingreso de trabajo efectivo, además de suponer condiciones de competencia perfecta. La tasa de crecimiento de la fuerza de trabajo así como la tasa de ahorro, se establecen como constantes exógenas. Uno de los principios de dicha teoría es que una economía converge hacia un crecimiento balanceado, en donde un proceso de largo plazo en la producción y el capital es determinado exclusivamente por el aumento del trabajo en el proceso tecnológico y la tasa de crecimiento poblacional. En otras palabras, se establece un estado estacionario en el cual la producción y el capital crecen a la misma tasa (proporcionalmente) al de la población efectiva.

1.2.2. La teoría del crecimiento endógeno

La teoría del crecimiento endógeno se encuentra inmersa dentro del modelo

neoclásico de Solow-Swan, con algunas variantes. Entre ellas se encuentran las introducidas por Arrow (Mulder *et al*, 2001), siendo la más importante la inclusión de la tasa de crecimiento de la efectividad del trabajo realizado como el resultado del cúmulo de experiencia adquirida por la fuerza laboral en la producción de bienes. Lo anterior implica que el trabajo productivo se conceptualiza de manera endógena, en la cual se considera el capital humano y el intangible.

1.2.3. La Teoría Evolutiva del Cambio Tecnológico

Según Devezas (2005) en la actualidad el campo de la tecnología se encuentra lleno de metáforas provenientes de la biología, como por ejemplo la evolución, la mutación, la selección, el ciclo de vida, el criterio de la selección natural (la sobrevivencia de los más aptos). Estas metáforas han sido utilizadas en algunas de las herramientas más socorridas en el campo tecnológico, como son las metodologías de pronósticos tecnológicos, ecuaciones logísticas, etc.; todas ellas han tenido su origen dentro del campo de la biología y han obtenido un estatus de leyes naturales. En lo que a la difusión tecnológica se refiere, la teoría evolutiva ha tenido un éxito considerable, ya que ha respondido a las necesidades de proyección tecnológica, evaluación de productos y descripción de mercados de forma empírica.

Los sistemas compuestos por organismos vivos, desde las células hasta las sociedades, poseen en común ciertas propiedades que tienen intrínsecamente algunas invariantes en su desarrollo. En reconocimiento a este hecho, en las últimas décadas han surgido nuevos paradigmas científicos biosocioeconómicos en los que convergen diferentes campos de la ciencia, tendientes al entendimiento del desarrollo evolutivo en sí mismo Devezas (2005); éstos han permitido la creación de algoritmos innovadores y complejos para la resolución de problemas y/o aplicaciones teóricas. Es importante mencionar que los campos de la evolución computacional y la inteligencia artificial han alcanzado cierta madurez y en la actualidad se es testigo del intenso debate sobre el Darwinismo Universal, el cual aborda un marco de referencia teórico sobre el análisis de la evolución de los sistemas abiertos y complejos, incluyendo en ellos los sistemas socioeconómicos. Dichos debates se han centrado entre las semejanzas entre la evolución biológica

de seres vivos y la evolución tecnológica y cultural de las sociedades actuales. Entre otros principios la Teoría Evolutiva del Cambio Tecnológico (*ETTC*), por sus siglas en inglés), considera lo siguiente (Devezas, 2005):

- 1) La técnica precede a la tecnología, no solamente en la historia de la humanidad, sino también en las diferentes formas de vida; cómo aquellos organismos simples que han desarrollado ciertas técnicas para la consecución de alimento, la distinción entre ellos y preservación de la especie, etc.
- 2) En el curso de la evolución biológica, la técnica se presenta como una forma simplificada para la consecución de metas, ya que la técnica es una fuerza motriz para la búsqueda y la realización de acciones con la menor cantidad de energía o esfuerzo posible, lo que permite una liberación de recursos para el organismo en cuestión, mediante un proceso de aprendizaje.
- 3) La técnica y la práctica utilizada y desarrollada por el ser humano, no son otra cosa que la búsqueda natural de elementos que tiendan a reducir el tiempo de ejecución de una tarea por medio del uso de la inteligencia.
- 4) La tecnología es un logro humano reciente, la cual prosperó conceptualmente en el siglo XVIII, en donde la técnica se reducía al trabajo puramente manual, que fue transformado en trabajo puramente mecánico mediante el uso del conocimiento sistemático del ser humano.

En la *ETTC* el darwinismo ha cobrado una importancia crucial para el desarrollo de la teoría, la cual se basa primordialmente en algoritmos y programación genética; sin embargo, tiene dentro de sí misma otras consideraciones subyacentes de gran relevancia dentro del análisis tecnológico futuro, que no se manifiestan de una forma tan explícita como se desearía; algunas de estas consideraciones fundamentales son las siguientes:

- 1) El común denominador en todo fenómeno de crecimiento y difusión en las sociedades de organismos vivos es la transmisión de la información, la cual

dentro del proceso de evolución continua conduce al desarrollo invariablemente de sociedades cada vez más complejas.

- 2) La evolución cultural es la continuación del proceso biológico evolutivo.
- 3) La técnica es la unidad básica de análisis más conveniente en las sociedades, la cual debe verse como una búsqueda continua de los modos, métodos y/o formas de ejecución de las acciones, mediante el uso de la ley del mínimo esfuerzo.
- 4) La tecnología humana es una parte fundamental del codesarrollo masivo de la capacidad de cultura, adaptación y manejo, biológicamente hablando, de los sistemas en los que se desenvuelve el ser humano.
- 5) La evolución tecnológica no es un proceso evolutivo independiente, más bien éste ocurre de forma rápida e intensa entre los campos de la innovación y la co-evolución del conjunto de los procesos involucrados, compuestos por la totalidad del sistema.

1.2.4. Indicadores de tiempo del ciclo tecnológico, TCT

La importancia de la comprensión y el entendimiento del proceso de innovación tecnológica, ha empezado a ser reconocido desde mediados de la década de los años cincuenta, aunque en la actualidad ha cobrado mayor fuerza debido a la globalización del entorno social, político, económico, entre otros. Los resultados de dichos reconocimientos y estudios en teoría podrían ser manejados y hasta cierto punto controlados (en lo que respecta a las variables controlables) y como tal, susceptibles a mediciones y evaluaciones. Una de las variables relacionada con la innovación y cambio tecnológico es la velocidad del progreso tecnológico (Kayal, 1999).

Las teorías que versan acerca de los cambios tecnológicos, describen por lo general cómo el desarrollo y el progreso de un campo tecnológico pueden estar sujetos a cambios o ciclos sustanciales, dependiendo de la actividad del campo en

estudio. Cuando una nueva tecnología es desarrollada dentro de un laboratorio, cierto cúmulo de conocimiento subyace intrínsecamente dentro de la innovación. La velocidad del progreso tecnológico depende entonces de la capacidad de los investigadores para sortear los obstáculos (falta de conocimientos adecuados para la resolución del problema o recursos) que se presentan en el proceso. El progreso de las acciones continúa una vez que se han superado las dificultades, hasta que nuevamente se encuentre una barrera que dificulte el avance tecnológico. Mediante el desarrollo de las innovaciones tecnológicas y el progreso tecnológico a través del tiempo, a menudo los ofrecimientos de las capacidades de la innovación brindan más y mejores desempeños a más bajos costos. Dicho proceso se basa en la acumulación de pequeñas mejoras, las cuales no son propiamente avances tecnológicos, sino que representan un alargamiento de los ciclos de vida de los inventos o innovaciones. El progreso tecnológico no siempre ocurre de una forma suave y regular, ya que en ocasiones la innovación tiende a desplazar a la actual de forma paulatina, debido a la diferencia entre diversos factores como características y capacidades.

Robert Ayres sugiere, según Kayal (1999), que la noción de la velocidad del desarrollo tecnológico se puede considerar como una sucesión de combinaciones exitosas de sub-estaciones involucradas en el sistema. Ayres (1998) establece que la mayor cantidad de sustituciones se encuentran en el campo tecnológico, desarrollando así un indicador del tiempo del ciclo tecnológico (*TCT*, por sus siglas en inglés) de la innovación, de tal forma que permitiera una evaluación objetiva del ciclo del componente, método y/o técnica en estudio, mediante el uso de los datos históricos relacionados con los mismos. El *TCT* se define como la edad media de las patentes relacionadas en relación a las innovaciones. Dicho indicador evalúa la velocidad de cambio del progreso tecnológico en términos de la edad o el tiempo del estado previo a la invención, en lo referente a patentes. Cuando el tiempo en el que se registraron las patentes a la fecha de estudio resulta ser grande, y solamente se han registrado mejoras sobre la invención misma, se infiere a que el ciclo del progreso tecnológico en ese campo es lento y prolongado, y dentro del campo se continúa operando con los mismos paradigmas para la resolución de necesidades y problemas de una forma u de otra.

1.2.5. Ciclos de vida tecnológicos

El progreso tecnológico y la innovación se muestran en la actualidad como las vías más claras de la evolución, las cuales tienen una trascendencia relevante en el campo de la dinámica competitiva y la viabilidad de las organizaciones o sociedades. Los ciclos de vida tecnológicos y los sistemas que giran y se construyen en torno a ellos (Utterback, 1994; Foster, 1986 y Hamilton, 1990) pueden ser descritos mediante características predecibles, trayectorias organizacionales y comportamientos, que permitan entrever el posible curso de las acciones y tendencias de desarrollo. (Lambe *et al*, 1997) describen este fenómeno como el ciclo de vida del cambio tecnológico discontinuo (*DTC-Life Cycle*, por sus siglas en inglés), el cual puede informar a las organizaciones acerca de las fuentes tecnológicas externas (ver Figura 1.4.). Foster (1986) describe el concepto del ciclo de vida tecnología-producto y los efectos que dicho cambio tiene en la competencia industrial. La curva *S*, desarrollada por dicho autor, ilustra las mejoras y la evolución de las tecnologías y/o productos a través del tiempo, con base en un indicador de desempeño sujeto a cuantificación en relación al tiempo en el que alcanza su máximo desarrollo y la posterior decadencia debido a sus limitaciones naturales.

Thushman y Anderson (1986) desarrollaron un modelo similar al proceso del cambio tecnológico, que es el resultado de una discontinuación tecnológica, seguido de una época de fermentación, caracterizándose por la existencia de una hipercompetencia entre los regímenes técnicos existentes; surgiendo después un diseño dominante para dar paso a la etapa final, en la cual se da un incremento del cambio tecnológico que se enmarca dentro del campo financiero y operacional. Una vez que se ha llegado a la etapa final, el ciclo se repite nuevamente de la misma forma.

Etapa del diseño predominante

En esta etapa el advenimiento de cambio de tecnologías discontinuas sirve como detonador para el desarrollo innovativo y se caracteriza por un alto grado de incertidumbre técnica, con un sentido de urgencia, conducido por un incremento en

la complejidad de los sistemas tecnológicos y por los cortos ciclos de vida de los productos existentes en el mercado.

Esta etapa está marcada típicamente por el frecuente cambio de productos por parte de las empresas que compiten por el desarrollo del diseño dominante. La base de la competencia se centra en la funcionalidad del producto (funcionamiento) y que éste posea la flexibilidad para la realización de cambios de diseño en forma rápida y eficaz.

La *R&D* generalmente no se encuentra bien especificada, esto es debido al constante cambio de las especificaciones técnicas del producto. La cantidad de competidores que salen del mercado generalmente es pequeña, ya que éstos tienden a incrementar sus esfuerzos por la captación del mercado disponible o alcanzable. La etapa termina cuando aparece el diseño dominante.

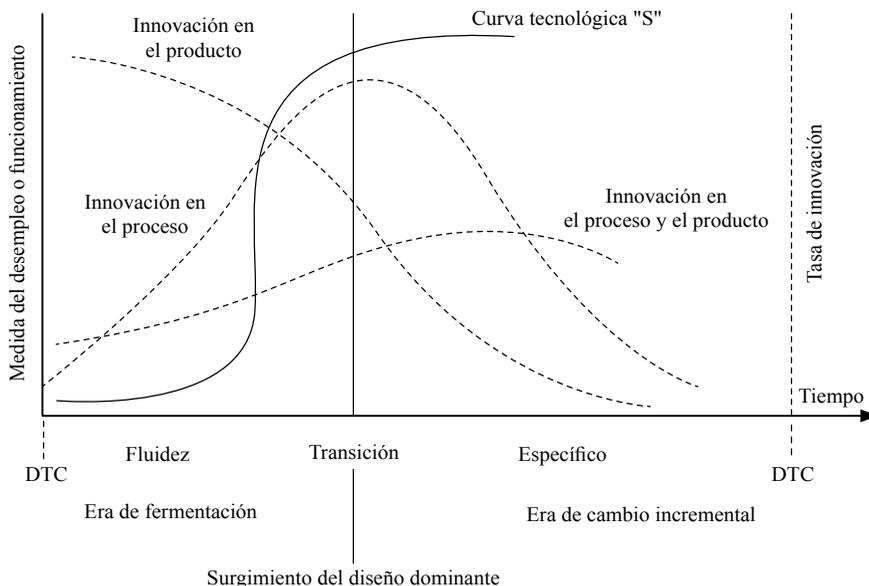


Figura 1.4. El ciclo de vida tecnológico y el cambio de tecnologías discontinuas

Fuente: Adaptado de Jones *et al*, 2000.

Etapas del diseño posdominante

Con el advenimiento del diseño dominante, la incertidumbre técnica, el sentido de urgencia asociado con la discontinuidad tiende a disminuir. La *R&D* se enfoca sobre la innovación de los procesos a expensas de la innovación del producto. La competitividad surge tanto en el campo de la reducción de costos de producción como en las técnicas de producción.

El proceso de producción se hace más rígido y eficiente, caracterizado por la inversión de capital de forma intensiva con altos costos. El número de competidores en esta etapa decrece (se retiran del mercado) o emergen después del surgimiento del diseño dominante.

Sin embargo, la Curva S podría explicarse de forma extendida y de una mejor manera si se tiene en mente al momento de esquematizar el ciclo del proceso tecnológico y sus analogías, el crecimiento cinético microbiano (Tortora *et al*, 1997) las consideraciones siguientes:

- 1) La implicación del término de ciclo de vida, indica sobre otras cosas, el nacimiento, la maduración y la muerte de algún organismo vivo, etapas en las cuales se puede observar un aumento de actividad o un decrecimiento de ésta y no un corte abrupto de tal actividad.
- 2) El surgimiento de un nuevo organismo, no implica necesariamente la desaparición de otros, más bien implica una coexistencia entre ellos hasta que la especie dominante logre adaptarse a las condiciones contextuales de la época.
- 3) Existen organismos en la naturaleza, que se encuentran en estado de latencia hasta que se presentan las condiciones en el entorno que permitan su crecimiento y desarrollo, toda vez que existan las condiciones necesarias para ello, planteándose el surgimiento de la innovación hasta el final del ciclo de la tecnología en uso.

- 4) Los organismos no surgen por creación espontánea, sino más bien son el resultado de un proceso evolutivo de formas anteriores que no necesariamente poseen las mismas capacidades y características de sus antecesores, los cuales pueden estar en latencia o no. Con lo anterior se hace referencia al surgimiento de tecnologías incipientes que se pueden desarrollar en cualquier etapa del modelo en uso, que por su razón de predominancia tiende al opacar o retrasar del surgimiento de nuevos modelos, procesos, etc., hasta que las necesidades y las condiciones así lo permitan.
- 5) El crecimiento de un microorganismo depende de cantidad de sustrato disponible para realizar sus funciones catabólicas y/o anabólicas, y no de un mero surgimiento de una especie dominante. Estableciendo una analogía con la afirmación anterior puede considerarse que las nuevas tecnologías son adoptadas de acuerdo a su capacidad resolutoria de problemas y/o necesidades reales y concretas por parte de los usuarios y no por el simple hecho de surgir como tal (nueva tecnología), siendo pertinente preguntarse ¿Nueva para qué?, ¿Buena para qué?, y sobre todo, los alcances, capacidades y limitaciones relacionados con la innovación y su campo de aplicación.

Todas estas condiciones llevan a correlacionar el desarrollo evolutivo y el ciclo de vida tecnológico con la cinética del crecimiento microbiano, por lo que podría representarse de forma esquemática el ciclo de vida como se observa en la Figura 1.5, en la cual se observa las siguientes etapas o fases del ciclo:

- 1) **Fase de adaptación:** Los microorganismos se adaptan al sustrato (depende de la genética del microorganismo). Análogamente, la nueva tecnología empieza a desarrollarse en la resolución de algunos problemas o necesidades que escapan a las capacidades del paradigma actual, pero éste todavía demuestra ser eficiente y eficaz y a la vez se encuentra en el mercado como diseño predominante, por lo cual no existe mucha difusión acerca de la innovación.

- 2) Fase de crecimiento logarítmico o exponencial:** El crecimiento es acelerado ya que existe una gran cantidad de sustrato. En esta etapa el paradigma predominante ha llegado a su plenitud y demuestra cierta incapacidad para dar respuesta a ciertos problemas: es entonces cuando se produce un crecimiento en lo referente a la adopción de la innovación, toda vez que se ha demostrado su eficiencia en otras organizaciones o empresas.

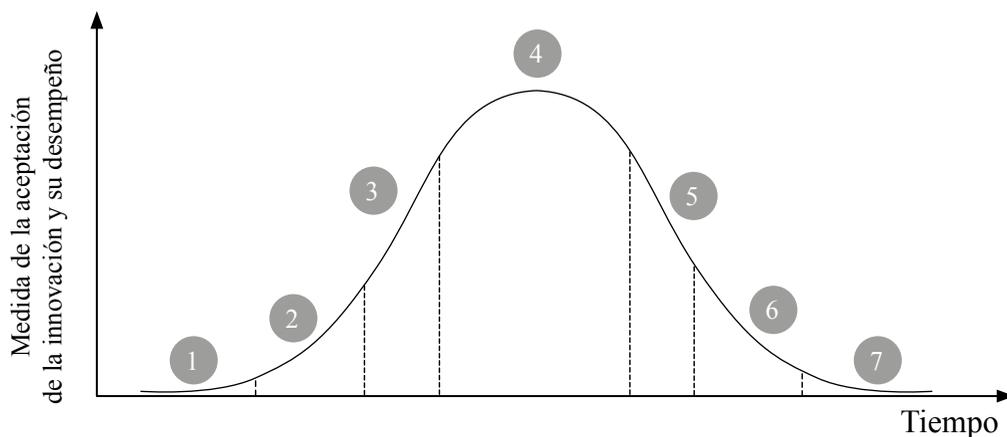


Figura 1.5. Ciclo de vida

Fuente: Adaptado parcialmente de Naylor-Scott, 1999; George M., 2006; Howard, 1992; Tortora *et al*, 1997).

- 3) Fase de crecimiento desacelerado:** El sustrato es la limitante, ya que no se encuentra en exceso. La adopción de la innovación se hace en una forma masiva dentro del área concebida y incursiona hacia otras áreas, en donde la nueva tecnología no fue concebida. En esta etapa la zona de convivencia con otras tecnologías llega a su punto máximo. La zona de convivencia es la etapa en que la innovación tecnológica y los paradigmas actuales permanecen en el medio, ya que la aparición de uno no implica necesariamente la desaparición del otro, como ha sucedido por ejemplo con las máquinas de escribir: la aparición de los ordenadores no ha implicado necesariamente el desecho de las máquinas de escribir en algunos países.

Debe recordarse que las nuevas tecnologías no representan el secreto al éxito, más bien son la herramienta que posibilita un desarrollo de la organización, representando básicamente un ahorro considerable de tiempo y esfuerzo en la ejecución de una acción. Es por ello que la adopción de una nueva tecnología, está en función de los recursos y de las necesidades de ésta.

- 4) **Fase estacionaria:** Se agotan las fuentes de alimento exógenas (se agota el sustrato). El modelo logra lo máximo de sí, llegando a su madurez, pero a la vez, ha demostrado su incapacidad de resolver algunos problemas y/o necesidades, lo que posibilita el surgimiento (y no la creación, ya que probablemente la innovación pudo ser concebida desde tiempo atrás) de nuevas tecnologías que posibiliten la resolución de los problemas, para los cuales la tecnología actual ha resultado inoperante.
- 5) **Fase de decrecimiento desacelerado:** Los microorganismos comienzan a utilizar las fuentes endógenas de sustrato. La adopción de la nueva tecnología hace que poco a poco la tecnología actual caiga en desuso por parte de los usuarios, tendiendo al consumo del paradigma dominante, con su(s) respectivo(s) diseño(s).
- 6) **Fase de decrecimiento acelerado:** En esta fase al morir las células liberan material citoplásmico que sirve de alimento exógeno a las células que se están alimentando en forma endógena. En esta etapa la tecnología (que antes era una innovación) ya no es utilizada de una forma masiva, por lo tanto su producción empieza a ser limitada y utilizada cada vez menos por los usuarios, ya que ha sido remplazada y desplazada por otras tecnologías.
- 7) **Fase de vida residual:** Es el tiempo de vida en el cual los microorganismos más fuertes logran sobrevivir a las condiciones anteriores, por lo general son pocos, aunque si se dan las condiciones necesarias para su reproducción se repite el ciclo de vida. Esta etapa es el tiempo de vida residual de la tecnología en cuestión (Figura 1.6.), hasta su casi desaparición total del mercado; dicha etapa suele ser variable a través del tiempo, ya que puede durar meses o incluso años antes de pasar al desuso total.

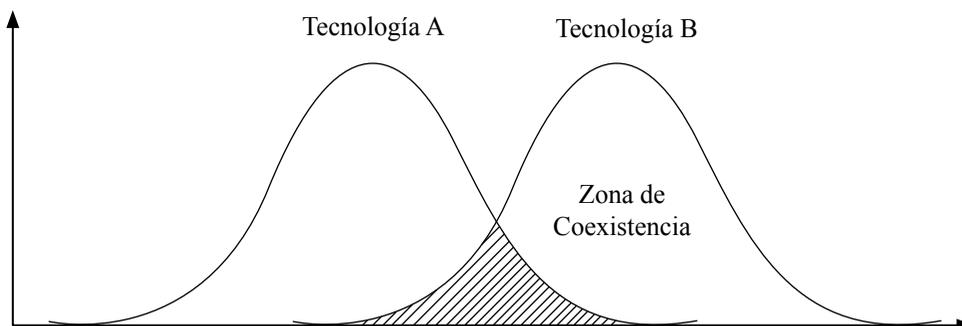


Figura 1.6. Zona de Coexistencia Tecnológica

Fuente: Elaboración propia.

Es importante reconocer que el ciclo de vida de las nuevas tecnologías es un proceso recursivo que tiende a la mejora continua de los paradigmas, y resulta difícil la exacta ubicación en tiempo-espacio, dentro del campo del surgimiento de las innovaciones, es decir, en qué etapa del ciclo surge o desaparece una tecnología en cuestión, ya que actualmente cada vez los ciclos tecnológicos tienden a acortarse (George *et al*, 2006) debido a diversos factores como los rendimientos, la integración de nuevos competidores, entre otros. (Naylor-Scott, 1999 y Von Braun, 1991), siendo difícil determinar la etapa del ciclo en la cual surge o desaparece una tecnología en cuestión.

En conclusión, se puede decir que en la actualidad la evolución tecnológica se encuentra enmarcada por el desarrollo de los ciclos tecnológicos (Munir *et al*, 2002). Los ciclos tecnológicos están compuestos por la obsolescencia de la tecnología, que sirve de catalizador para el desarrollo y la competencia de nuevas tecnologías. Además, el diseño dominante es adoptado mediante la selección natural, en el sentido que dicho diseño, en ese momento, es el más apto para permanecer en el mercado, debido a las prestaciones, características, desempeño, economía y funciones que desarrolla en la ejecución de una tarea, y a los recursos liberados por esta tecnología al cumplir con su cometido (Munir *et al*, 2002).

1.2.6. Pronósticos

Según el Diccionario, el término pronóstico se define como: “la estimación o cuantificación en términos de avance, para la realización de conjeturas concernientes al futuro posible” (Martino, 1993), pudiéndose entender como pronóstico tecnológico la predicción de las características futuras de máquinas y componentes útiles (entiéndase máquinas en un sentido amplio), procedimientos, técnicas y/o metodologías (en el Cuadro 1.2. se pueden observar los diferentes métodos que se utilizan para la realización de pronósticos).

De la definición anterior se desprenden dos consideraciones importantes: La primera es que el pronóstico tecnológico, incluye la descripción de ciertas características como el nivel de desempeño de algún componente (velocidad, temperatura, etc.); pero dicho pronóstico no describe la forma en que se llegará a ese estado, así como de los requerimientos para la creación de dicha invención para lograr su cometido a través de la descripción de un panorama general del futuro y las implicaciones de éste; La segunda, es que dicho pronóstico gira en torno a la capacidad tecnológica y no a tendencias manipulables mediante campañas publicitarias y de consumo masivo. En consecuencia, el pronóstico tecnológico posee cuatro elementos básicos (Martino, 1993 y Ayres, 1969):

a) *Las características de la tecnología en estudio:* El primer elemento lo conforman las características de la tecnología, dadas en términos de la capacidad funcional. La tecnología tiene como finalidad el desarrollo o ejecución de alguna función, siendo la capacidad funcional la medida cuantitativa de esta habilidad en la realización de dicha función. Con base en lo anterior, se debe hacer la distinción entre parámetros funcionales y técnicos. Siendo los parámetros funcionales una medida directa de la satisfacción de necesidades de los usuarios, lo que conlleva al desarrollo de la utilidad funcional. Se entiende por parámetros técnicos, aquellos parámetros de diseño y desempeño con los cuales se desarrolla el componente, la técnica o la metodología en cuestión.

Cuadro 1.2.
Metodologías utilizadas para la realización de pronósticos tecnológicos

Técnicas Cualitativas		Técnicas Cuantitativas	
Métodos exploratorios	Curvas S o método logístico	Métodos causales	Regresión simple
Método Delphi	Método de las comparaciones tecnológicas independientes del tiempo	Suavizamiento exponencial simple	Regresión múltiple
Métodos normativos	PATTERN (Planning Assistance Through Technical Evaluation or Relevance Numbers).	Doble media móvil	Modelos econométricos
Tanto exploratorios como normativos	La investigación morfológica	Doble suavizamiento exponencial	Matriz Insumo-producto
Prospectiva y escenarios	Estudios de mercado	Métodos de series de tiempo	Media estadística
	Analogía histórica	Regresión simple	Media móvil
		Suavizamiento exponencial múltiple	Búsqueda de fenómenos armónicos
		*Opciones financieras	Regresión múltiple

Fuente: Adaptado de Escobar, 2005.

* Son técnicas ampliamente utilizadas en la actualidad (VPN, TIR etc.).

b) La tecnología utilizada en la realización del pronóstico: En este elemento se selecciona la innovación de acuerdo a las características específicas de la tecnología en estudio. En este elemento es importante definir y distinguir entre las aproximaciones tecnológicas y la tecnología. Las primeras se entienden como la resolución o predicción de una función o problema en particular, y la segunda como un conjunto de aproximaciones tecnológicas que desempeñan una misma función o que poseen características comunes.

c) El tiempo involucrado en el pronóstico: Se debe aclarar si dicho pronóstico se realiza en un punto determinado en el tiempo o corresponde a un intervalo de tiempo.

d) *Las probabilidades asociadas a la tecnología:* El cuarto elemento está relacionado con las probabilidades asociadas, ya sea para (1) Alcanzar un nivel de capacidad funcional, (2) Alcanzar cierto nivel en un tiempo dado, o para (3) La obtención de una distribución de probabilidad que pueda ofrecer respuesta sobre los tiempos requeridos para alcanzar los fines proyectados en un intervalo de tiempo.

Cabe recalcar que de un adecuado proceso de elaboración de pronósticos y operación dependerá la definición de objetivos y el alcance de metas de la organización de la empresa, dentro de las áreas que componen a ésta. Generalmente los pronósticos tecnológicos generalmente son utilizados para:

- 1) La axiomización de las ganancias debido a eventos externos a la organización.
- 2) La maximización de las ganancias debido a eventos que son resultado de las acciones tomadas por la organización.
- 3) La minimización de pérdidas asociadas a eventos externos a la organización.
- 4) La compensación de acciones contra la competencia o campañas agresivas en contra de la organización.
- 5) El pronóstico de demandas y producciones futuras y/o inventarios en un periodo de tiempo determinado con el fin de prever los costos de capital y producción.
- 6) El pronóstico de la demanda con el fin de crear y desarrollar la fuerza laboral adecuada para el desarrollo de las acciones.
- 7) El desarrollo de planes administrativos y políticas internas para la organización.
- 8) El desarrollo de políticas aplicables a personas que no forman parte de la organización.

En conclusión, los pronósticos juegan un papel específico de una forma sustantiva en la toma de decisiones, ya que de alguna manera permiten vislumbrar un futuro

posible, ofreciendo un panorama de las posibles resultados y variantes, dando con ello los posibles cursos de acción que puedan tomar las políticas de la empresa, los cuales pueden permitir anticipar un futuro tecnológico plausible (du Prezz *et al*, 1999).

1.3. Las nuevas tecnologías y el futuro

1.3.1. Empleo, trabajo y nuevas tecnologías

La respuesta institucional que las sociedades avanzadas dan al problema creciente del desempleo generado por las nuevas tecnologías, se basa, en primera instancia, en el pago de un salario por medio de los servicios de seguridad social. La respuesta no institucional da como resultado un rápido crecimiento del sector servicios y del llamado sector informal en la economía; en ambos casos la aparente solución no aborda la problemática real (Herrera *et al*, 1994).

Gran parte de los trabajadores transferidos de la industria al sector de los servicios, por ejemplo en los Estados Unidos de Norteamérica, desempeñan tareas serviles en restaurantes, cafés y similares con salarios que constituyen una fracción de lo que ganaban en sus empleos anteriores.

El sector informal de la economía incluye una amplia porción de trabajadores *independientes* que participan en forma marginal en el sistema productivo, privados de toda protección social, ya sea por parte de los sindicatos o del Estado. Se considera que en las etapas más avanzadas del proceso de cambio debido a las nuevas tecnologías, el objetivo será una distribución más equitativa del trabajo social necesario restante entre toda la población. Esto requerirá una redefinición completa de las relaciones trabajo-empleo-tecnología y del papel social del salario (Herrera *et al*, 1994).

1.3.2. Compatibilidad con el ambiente

Debido al desarrollo tecnológico y a la expansión del sistema productivo, el empresario no sólo puede limitarse a satisfacer las necesidades percibidas

directamente, sino también tiene que crear nuevas necesidades cuya percepción depende de un complejo sistema de publicidad comercial. Además de lo anterior, y en vista de que los nuevos recursos naturales se van incorporando continuamente al ciclo económico, y siendo que los procesos de producción resultan ser muy diferentes a los utilizados en el pasado, cambia entonces el carácter de la presión sobre el ambiente físico, tendiendo a hacer obsoleta la experiencia acumulada en cuanto a daños al entorno (Herrera *et al*, 1994). Como consecuencia aparece una dicotomía fundamental en la relación sociedad-ambiente. En muchas ocasiones las empresas trazan sus planes productivos basándose en el principio de maximización de los rendimientos y sus horizontes temporales, tomando como base la amortización de sus inversiones, lo cual provoca en ocasiones que los posibles efectos sobre el ambiente y la reserva global de los recursos naturales se vean como meras externalidades, que por lo general no se toman en cuenta, ya que toda reglamentación ambiental produce un aumento en los costos de producción de forma considerable.

1.3.3. Peligros de la tecnología

Las catástrofes tecnológicas son el símbolo de la capacidad tan limitada del ser humano para el control de ésta. Generalmente, las organizaciones tienden a confundir las expectativas sociales dentro de las instituciones (sociales) en el ámbito de la seguridad tecnológica, con la capacidad de la administración de los riesgos tecnológicos o aquellos derivados de éstos (Manion *et al*, 2002). En la mayoría de los casos, los accidentes o catástrofes producidas en el mundo han sido debido a fallas humanas. A menudo, el personal capacitado ignora el peligro (o peor aún, el riesgo de las condiciones laborales es demasiado alto y se acepta por la necesidad económica de los involucrados); esto conlleva a un sentimiento de confianza en el que no se toman en cuenta las limitaciones de la tecnología y los limitantes tecnológicos para su monitoreo y control, dando como resultado un evento no deseado de proporciones variables (depende de cada situación). Los desastres tecnológicos no son meros accidentes, éstos son eventos ligados de una forma estrecha con las acciones humanas (Manion *et al*, 2002).

Toda vez que se ha presentado la ocurrencia de un desastre en alguna organización, lo primordial es encontrar la causa de la catástrofe y, generalmente, los empleados y trabajadores resultan ser los responsables del suceso (aunque en algunas situaciones la presunción anterior podría ser cierta, en otras ocasiones las causas del siniestro resultan ser mucho más complejas, es decir, si los responsables directos son los operadores, trabajadores y/o directivos). Por lo ya expuesto, resulta imperiosa la implementación de los medios necesarios de capacitación necesarios (capacitación especializada) como parte del programa preventivo y no correctivo de la organización. Sin embargo, el diseño técnico juega un papel de suma importancia en la prevención y la ocurrencia de eventos no deseados (accidentes, muertes, etc.). Existe otro tipo de eventos iniciadores de siniestros, como es la naturaleza organizacional de la empresa. La obstaculización de la comunicación entre directivos y/o administradores y los trabajadores, puede afectar el desarrollo de las acciones, como la toma de decisiones en un momento crítico dentro de la empresa. Finalmente, la principal causa de la mayoría de los desastres tecnológicos es el factor sociocultural; esto se refiere a las actitudes y los valores que son aceptados por los individuos dentro de una sociedad, lo que conlleva a la integración e incorporación de estos valores y actitudes en la organización. Todo lo anterior permite clasificar la causa de los accidentes tecnológicos en cuatro grandes rubros (y que por lo general se presentan en forma combinada). Estas cuatro causas son las siguientes (Manion *et al*, 2002):

- 1) La fuerza operativa.
- 2) El diseño técnico.
- 3) El sistema organizacional de la empresa.
- 4) Los factores socioculturales.

Por todo lo anterior se hace necesario la evaluación de estas cuatro causas iniciadoras (potencialmente hablando) de accidentes dentro de una organización.

En el Cuadro 1.3 se muestran algunos ejemplos de desastres tecnológicos y los costos financieros derivados de los mismos.

Cuadro 1.3.
Costos financieros derivados de catástrofes tecnológicas

Caso	Costo de los daños*	Pérdidas de vidas	Lesionados
Asbestos	\$10 billones	259,000	27 millones expuestos
Chernóbil	\$283-358 billones	6,000	30,000
Bhopal	\$470 millones**	14,000	200,000
Accidente dc-10	\$18.3 billones	730	174
Ford Pinto (falla en dispositivo)	\$137 millones	500-900	Datos no disponibles
Colisión de tenerife (pan – am y klm)	\$110 millones	587	57
Hyatt-regency	\$150 millones	114	186

Fuente: Adaptado parcialmente de Manion *et al*, 2002. * Costo en dólares. ** Solamente en multas.

1.3.4. Beneficios derivados del cambio tecnológico

En conclusión, se puede afirmar que las tecnologías no solamente poseen un riesgo inherente, sino éstas que tienen un gran poder de transformación de las relaciones sociales y del hombre con el ambiente que lo rodea y pueden representar una verdadera discontinuidad para el desarrollo mundial, a semejanza de lo que fue la propia revolución industrial; pero aún con todo ello su verdadero potencial se encuentra casi inexplorado (Herrera *et al*, 1994). Entre algunas de sus potencialidades se tienen las siguientes:

- 1) La reducción de costos de capital, tanto en mano de obra como en el proceso de acumulación.
- 2) Incremento participativo por parte de la fuerza laboral en el proceso productivo de las empresas.

- 3) Disminución de impactos ambientales mediante el uso y el ahorro de energías y materias primas con índices bajos de contaminación en el proceso de transformación.
- 4) Transformación social del entorno mediante la liberación de recursos.

Dentro de las aportaciones en el marco macroeconómico, advertidas y derivadas desde diferentes puntos de vista como son fuentes literarias, procedimientos, direcciones y efectos acerca del cambio tecnológico, se puede externar lo siguiente (según Dosi, 1988):

- 1) Los esfuerzos innovativos están caracterizados y direccionados por el grado de variación de los resultados comerciales dentro del campo de la apropiabilidad y la incertidumbre de los mismos.
- 2) La tecnología envuelve cierto grado de conocimiento tácito y acumulativo.
- 3) Las innovaciones son el resultado de un proceso de búsqueda y aprendizaje de organizaciones individuales, en donde la construcción del conocimiento requerido y las actividades relacionadas con la resolución de problemas, son caracterizados por organizaciones, comportamientos o conductas organizacionales rutinarias (satisfacción de necesidades).
- 4) Como resultado de los apartados 1 y 2 las tecnologías se desarrollan a través de un relativo orden sobre trayectorias dentro de las organizaciones o paradigmas tecnológicos. Lo anterior hace referencia a un marco colectivo, el cual determina la práctica dentro del campo de la investigación y el desarrollo y las direcciones del desarrollo tecnológico, con base en diseño dominante integrado por: (1) Componentes; (2) Máquinas; (3) Métodos; y (4) Técnicas y/o procedimientos.
- 5) Como resultado de los apartados 1, 2, 3 y 4, y aunado a la diversidad de técnicas dentro, y entre los sectores y organizaciones involucrados, la tecnología es una característica fundamental que subyace en toda economía que apuesta hacia un cambio dentro de diferentes ámbitos y medios dentro de la sociedad.

1.4. Identificación del problema tecnológico

La identificación de los problemas tecnológicos representa una parte importante dentro del proceso de planeación para la implementación de una nueva tecnología en las organizaciones. Dentro de las organizaciones frecuentemente se presentan problemas que provocan una desviación en el desempeño de ésta. Dichas desviaciones habitualmente se traducen en mermas económicas que afectan el crecimiento de la empresa (Franson, 1998), ya sea hacia el interior o el exterior, las cuales en ocasiones provocan el desaparecimiento de ésta, o en el mejor de los casos, la sobrevivencia de la organización mediante estrategias de subsistencia que eventualmente derivan en el deterioro de sus relaciones productivas, de su fuerza laboral y de capital, las cuales a la postre podrían provocar su naufragio de la organización, si no se toman en cuenta las acciones correctivas que permitan una mejora sustantiva en el desempeño empresarial en todos los niveles.

Por lo general las organizaciones, erróneamente tienen la creencia de que mediante la adopción de una nueva tecnología, solamente por el hecho mismo de implementarla se resolverán sino todos, por lo menos la mayoría de sus problemas en las diferentes áreas de la empresa, entre las cuales se encuentran las siguientes: (1) El proceso; (2) La procuración; (3) El suministro; (4) Las comunicaciones; (5) La planeación; (6) Las operaciones, entre otras. En este sentido Porter (1985) identificó las tecnologías necesarias o requeridas para el desarrollo de las actividades primordiales dentro de las empresas, según sea la actividad característica o giro en el cual se desarrolle la organización, como se puede observar en el Cuadro 1.4. Sin embargo, La tecnología en sí, no representa la panacea del conocimiento: la tecnología es la herramienta (Franson, 1998; Garayannis, 2000; Tornatzky *et al*, 1990) que permite la ejecución y/o el desarrollo de las operaciones en forma eficiente y eficaz, es decir, la tecnología es el instrumento mediante el cual se optimiza, se reducen o se eliminan acciones que en el pasado imposibilitaban una cierta flexibilidad en los procesos.

La flexibilidad que otorgan las nuevas tecnologías están referidas, en ocasiones, en acciones tangibles y/o intangibles (Antonelli, 1999) que pueden ser medidas mediante la utilización de métricas de forma indirecta o directa, dependiendo de la

Cuadro 1.4. Tecnologías estratégicas dentro de las organizaciones

TECNOLOGÍAS REQUERIDAS POR EMPRESAS DE:				
INBOUND LOGÍSTICA	OPERACIONES	OUTBOUND LOGÍSTICA	VENTAS MERCADEO	SERVICIOS
Tecnologías de transporte.	Tecnologías para desarrollo de productos básicos.	Tecnologías de transporte.	Tecnologías de medios.	Tecnologías para diagnóstico.
Tecnologías de manejo de materiales y productos.	Tecnología de materiales.	Tecnologías de manejo de materiales y productos.	Tecnologías de audio y video.	Tecnología de sistemas de comunicación.
Tecnologías de almacenamiento y preservación.	Tecnologías de máquinas y herramientas.	Tecnologías de empaque, envase y embalaje.	Tecnología de sistemas de comunicación.	Tecnologías de sistemas de información.
Tecnología de sistemas de comunicación.	Tecnologías de empaque, envase y embalaje.	Tecnología de sistemas de comunicación.	Tecnologías de sistemas de información.	Tecnologías para la medición del desempeño.
Tecnologías de sistemas de información.	Diseño y construcción de tecnologías de operación y proceso.	Tecnologías de sistemas de información.	Tecnologías para la medición del desempeño.	Tecnologías de pruebas de verificación y calidad.
Tecnologías de pruebas de verificación y calidad.	Tecnologías de manejo de materiales y productos	Tecnologías para la medición del desempeño.		
Tecnologías para la medición del desempeño.	Tecnologías de almacenamiento y preservación.			
	Metodologías de mantenimiento			
	Tecnologías de pruebas de verificación y calidad.			
	Tecnologías de sistemas de información.			
	Tecnologías para la medición del desempeño.			

Fuente: Adaptado parcialmente de Porter, 1985.

naturaleza del proceso, giro o procedimiento sujeto a mejora. Por ejemplo, una disminución en el tiempo de ejecución del proceso, se traduce directamente en el ahorro financiero de los recursos destinados para a la operación o en la generación de ganancias para la empresa, mediante la optimización relacionada en la reducción de la labor requerida para la producción de un bien o servicio hacia el interior y/o el exterior de la organización. En ocasiones la implementación de una nueva tecnología dentro de la empresa no resuelve los problemas que se habían estado

presentando y en el peor de los casos se generan nuevos problemas derivados de dicha implementación.

Lo anterior puede ser el resultado de cuatro factores, a saber:

- a) La falta de la definición e identificación correcta de la verdadera causa del problema (diagnóstico).
- b) La falta de las capacidades requeridas para el manejo y utilización de la nueva tecnología (generalmente se presentan en las organizaciones por falta conocimiento, capacitación y gestión de las implementaciones).
- c) El problema en sí, no es intrínsecamente de índole tecnológica.
- d) La complejidad en el manejo tecnológico.

Cuando se implementa una nueva tecnología dentro de una empresa se deben tomar en cuenta todos estos aspectos, ya que como resultante de estas causas se pueden observar los siguientes efectos:

- a) Pérdidas financieras.
- b) Agudización de problemas.
- c) Incremento de eventos no deseados.
- d) Surgimiento de nuevos problemas.
- e) Incremento en los costos operativos.

1.4.1. Pérdidas financieras

Cuando la implementación de una nueva tecnología no satisface los requerimientos por las cuales fue adquirida y su desempeño no es el adecuado en lo referente a la facilitación, incremento de la productividad y/o reducción del tiempo en el desarrollo dentro del proceso productivo de una empresa y en la adquisición de algún tipo de valor, tangible o intangible, que pueda medirse

en términos objetivos dentro del marco financiero o en algún otro marco de referencia, se traduce desde cualquier punto de vista, como una pérdida en el valor o en los ingresos de una organización.

1.4.2. Agudización de problemas

En ocasiones la organización intenta o se encuentra en vías de implementación de una tecnología dentro de su estructura o en alguna parte del proceso productivo. Dicha implementación puede conllevar a la agudización de los problemas, esto es debido a que no se ha resuelto el problema en forma definitiva, ya que solamente se postergaron las consecuencias de éste, pretendiendo cambiar personas, proyectos o procesos con el afán de tratar de superarlo mediante una implementación plagada de incertidumbres, debido al desconocimiento de las causas. Si desde un inicio se emite un diagnóstico erróneo, la decisión de la adquisición de una tecnología diferente a la actual (nueva tecnología) conllevará a la adquisición de una herramienta inadecuada para la resolución de los problemas o a una subutilización de la misma, siempre y cuando la desviación esté en función de las herramientas y no de otras causas ajenas a ésta.

1.4.3. Incremento de eventos no deseados

Toda vez que se ha llevado una implementación tecnológica dentro de una empresa, la capacitación y la interiorización de uso y de los beneficios, así como de las capacidades y limitaciones de la herramienta adquirida juegan un papel de suma importancia dentro de la organización. La capacitación resulta ser la piedra angular, la cual generalmente es la causa del éxito o del fracaso en la operación de las adquisiciones tecnológicas dentro de una organización (Fitzsimmons *et al*, 2004). Si la capacitación resulta en una serie de procedimientos sin conocimiento de causa del porqué se llevan a cabo los procedimientos y el porqué de los resultados obtenidos, entonces cabe esperar que el proceso de aprendizaje se lleve a cabo de una forma heurística, implicando con ello el inicio de una serie de eventos no deseados que pudieran dar como resultado (dependiendo de la actividad de la empresa), en el peor de los casos, la pérdida de vidas humanas.

1.4.4. Surgimiento de nuevos problemas

Cuando existe una combinación de factores como la falta de capacitación y/o algún otro factor crítico, como por ejemplo un ambiente laboral deficiente esto originará el desarrollo de nuevos problemas que tenderán a disminuir la capacidad productiva de la empresa y la obtención de bajos rendimientos dentro de los medios de producción, obteniéndose como resultante una deficiencia en el suministro del bien o servicio producido por la empresa, lo cual se traduce en pérdidas de clientes y por ende en el decrecimiento económico de la organización.

1.4.5. Incremento en los costos operativos

La complejidad de operación de una nueva tecnología es directamente proporcional a los costos de capacitación, mantenimiento, operación y monitoreo de ésta. Lo anterior es particularmente cierto cuando la tecnología en vías de adopción o de implementación es nueva o relativamente nueva en el mercado, lo cual incide en los costos de capacitación de una forma directa. Lo anterior obedece a que dicha herramienta no es una tecnología comercialmente difundida dentro del segmento en el cual se opera. Los costos de capacitación y las erogaciones que se tendrán que solventar por concepto de: mantenimiento, operación y soporte serán considerables, ya que no existirán en el mercado muchas compañías con las capacidades necesarias como para dar el servicio y el soporte requeridos. Finalmente, se debe tener en cuenta que en ocasiones la adquisición de una nueva tecnología trae consigo ciertos problemas de control y monitoreo, lo que hace aún más difícil su operación/ implementación/mantenimiento, lo cual implica el desarrollo de nuevas políticas y procedimientos dentro de la organización.

Dentro del campo de la selección y evaluación de alternativas se tendrá que dirimir entre los beneficios estratégicos y financieros potenciales que puedan obtenerse y los costos en que se pudiera incurrir debido a la utilización de una herramienta tecnológica (Stelle, 1975).

Se debe distinguir entre el *desarrollo tecnológico* y las *invenciones/descubrimientos*,

aunque similares dentro del significado dentro del imaginario colectivo de la mayoría de las personas, guardan dentro de sí, el sentido del presente trabajo en lo que respecta al desarrollo de un modelo pragmático y funcional, con una visión general; dentro de las empresas que se encuentran inmersas en la búsqueda o en la implementación de nuevas herramientas tecnológicas, que inciden dentro de su proceso y fuerza productiva organizacional para la consecución de una mejora en el desempeño financiero, laboral, logístico, etc. Generalmente, cuando se habla de un desarrollo tecnológico se hace referencia a las actividades involucradas dentro de las invenciones/descubrimientos que tienden al desarrollo práctico en el plan funcional de la vida cotidiana, como por ejemplo: los transistores (1947), los semiconductores (1959), los circuitos integrados (1971), etc.; pero no todos los inventos/descubrimientos pueden ser traducidos al plano funcional de una forma expedita, ya que algunos inventos/descubrimientos tardan un tiempo considerable para el desarrollo comercial a gran escala y a las implicaciones que ello conlleva (George *et al*, 2006). Cuando se habla de *tecnología* se hace referencia al conocimiento, procedimiento, prácticas y herramientas que pueden ser utilizados para el desarrollo de nuevos productos/servicios, y/o nuevos sistemas o formas de producción o suministro dentro y fuera de una empresa u organización (Fitzsimmons *et al*, 2004). La tecnología como tal, puede estar embebida dentro del personal, los materiales, el proceso físico, las instalaciones, el equipo y/o las herramientas tanto externas como internas a la organización (Burgerlman *et al*, 2004) y sobre todo al conocimiento, ya sea éste tácito o codificado, así como también a la *R&D* desarrollada en el proceso (Antonelli, 1999).

Cabe mencionar que, además de la revisión bibliográfica antes realizada, en la actualidad, no se cuenta con una metodología definida que permita la valuación financiera de los riesgos de implementación de una nueva tecnología, es decir, las organizaciones recurren cada vez y con mayor frecuencia a técnicas complejas de evaluación de consecuencias (financieramente hablando) en condiciones de gran incertidumbre, que permiten a las firmas la obtención de un panorama más extenso y flexible dentro de un futuro dinámico y competitivo. Si bien es cierto, existe una gran cantidad de metodologías que posibilitan la identificación de los impactos potenciales de una implementación tecnológica. Dichas técnicas son incapaces

de desarrollar un plan de opciones presupuestales adecuadas para la adopción tecnológica, y que permitan además la construcción de un escenario confiable, incorporando las diversas oportunidades posibles dentro de la evaluación financiera de cada proyecto de inversión de capital con la finalidad de dirimir entre el estado actual y un posible estado futuro dentro un periodo de tiempo determinado.

Lo anterior no sólo le permite sobrevivir a la organización, sino que también, conlleva al desarrollo de ventajas competitivas dentro del mercado de acción, mediante la valuación de proyectos de inversión a corto, mediano y largo plazo. Es por ello que se hace necesario la utilización de nuevas metodologías, mucho más eficientes, desarrolladas en otros campos del conocimiento para llevar a cabo tal fin.

En las secciones y apartados anteriores, se han presentado de una forma resumida las potencialidades de las nuevas tecnologías, sus beneficios y sus desventajas dentro de conocimiento social, cognoscitivo, económico, etc.; pero la pregunta es ¿Cómo valorar los riesgos de las tecnologías dentro del campo de la rentabilidad y la implementación de una manera eficaz?, pues en la actualidad existen metodologías poco estructuradas y adecuadas de evaluación tecnológica enfocadas en:

- 1) La identificación del problema tecnológico dentro de la organización.
- 2) La identificación del perfil tecnológico que más se adecue a la empresa u organización.
- 3) La identificación de los posibles riesgos financieros debido a la implementación de nuevas tecnologías en las diferentes áreas de la organización (financiera, personal, procesos, producción, etc.), y la trascendentalidad de estos riesgos en su entorno.
- 4) Metodologías de implantación tecnológica.
- 5) Metodologías de identificación de posibles indicadores tendientes al monitoreo del desempeño, la adquisición y la explotación tecnológica de la adopción (Koc *et al*, 2005).

Es importante mencionar, que las variables señaladas impactan de forma diferente a todas las empresas en la forma y modo de implementación, dentro de la rentabilidad de las nuevas tecnologías, la adquisición y la explotación tecnológica lo cual resulta ser una consideración determinante en la adquisición de una nueva tecnología (Lin, 2003). Cada una de las consideraciones mencionadas contribuyen de forma categórica a la rentabilidad o inoperatividad del sistema, al éxito o el fracaso. Si bien es cierto que cada empresa se comporta de una forma diferente (Chase *et al*, 2004), aunque sus productos y sus mercados-meta sean o no los mismos, se pueden encontrar similitudes entre los ejes principales sobre los cuales giran las organizaciones.

1.5. Consideración e identificación de variables que afectan la adopción de nuevas tecnologías

Dentro la valuación de nuevas tecnologías resulta fundamental la identificación de las variables que intervienen dentro del proceso de implementación, es decir, existen una diversa gama de situaciones y variables en todo proceso de adopción; sin embargo, existen ciertas fuerzas motrices que direccionan las acciones de adopción, siendo todas ellas de suma importancia de una forma u de otra en el proceso (salvo que algunas de éstas determinan la naturaleza del cambio o de la adopción según sea el caso y la situación en que se encuentre involucrada la organización). En este sentido, el identificar las variables, procesos, situaciones, ambientes, etc., en el que se desarrollan las actividades, cobra especial importancia, ya que esto permite la realización de una valuación efectiva de las fortalezas y debilidades no solo de innovación, sino también de la corporación; para ello se hace necesario partir de un marco conceptual sobre aquellas variables y fuerzas que afectan la adopción tecnológica. Por lo anterior, se requiere de una revisión exhaustiva de todas aquellas variables que intervienen o puedan intervenir, positiva y negativamente en la planeación y en el proceso presupuestario dentro de la adopción de nuevas tecnologías.

1.5.1. Tipo de innovación y grado de cambio generado por la adopción

En la actualidad resulta ser de suma importancia dentro de una adopción tecnológica el distinguir el grado del cambio que se introduce dentro de la implementación.

Aproximadamente desde hace unos 20 años se han propuesto diversas topologías con el afán de entender el proceso de innovación. Las topologías más populares se encuentran basadas sobre distinciones entre las innovaciones administrativas y técnicas, innovaciones a los productos y a los procesos e innovaciones radicales e incrementales (Gopalakrishnan *et al*, 2001; McDade, *et al*, 2002 y Thomas, 1999).

La distinción entre las innovaciones administrativas y técnicas refleja una diferenciación más general entre la estructura social y la tecnológica. Las innovaciones técnicas incluyen productos, procesos y tecnología utilizada en la producción y/o ofrecimiento de servicios en las actividades básicas de la organización. Las innovaciones administrativas comprenden las estructuras organizacionales y los procesos administrativos, relacionados de forma directa con la administración y el manejo de la corporación.

Las innovaciones de productos y procesos, se distinguen por estar fundamentados sobre las diversas áreas y actividades que afectan el quehacer diario de las organizaciones. Las innovaciones de productos son aquellas introducidas para el beneficio de los consumidores y de los clientes; mientras que las innovaciones a proceso son herramientas, componentes y conocimiento que sirven de intermediarios entre las variables iniciales y las finales (resultados). Las innovaciones al producto generalmente se realizan en las primeras etapas y las de proceso en las etapas finales del ciclo de vida. Las innovaciones al producto se encuentran alineadas a estrategias diferenciadas y las de proceso coadyuvan a la implementación de estrategias de bajo costo (Gopalakrishnan y Brierly, 2001; McDade, *et al*, 2002 y Thomas, 1999).

Dentro de las innovaciones radicales y las incrementales, estas se encuentran clasificadas usualmente en el grado de cambio que causa la innovación en la estructura y los procesos de la organización. Las innovaciones radicales producen cambios fundamentales en las actividades de la organización, produciendo además cursos de acción diferentes a los existentes; las innovaciones incrementales, por otro lado, generan cambios marginales en la conducta de las empresas con respecto a los productos, proceso y servicios existentes, contribuyendo a reforzar las capacidades existentes hacia el interior y el exterior de la firma.

1.5.2. Tamaño de la organización

El tamaño de la firma o de la organización juega un papel de suma importancia dentro de la adopción y la difusión tecnológica (Thomas, 1999; Patterson *et al*, 2003; Newel *et al*, 1998; Hollenstein, 2004; Meyers *et al*, 1999; Vishwasrao *et al*, 2001 y McDade *et al*, 2002), ya que dependiendo del tamaño de la organización, se muestran diferencias tanto en los recursos como en las capacidades de adopción. Dependiendo de las capacidades y potencialidades del incumbente y del contexto en que se encuentra (firma existente o entrante en el mercado), así será su capacidad innovativa o adoptativa.

El tamaño de la organización y la estructura del mercado son variables que impactan en la probabilidad de la adopción de nuevas tecnologías, para lo cual se debe de realizar una distinción sobre compañías nacionales y transnacionales. Las compañías transnacionales poseen una ventaja relativa en la adquisición de nuevas tecnologías; esto es debido a sus capacidades de inversión, disposición de capital, acceso tecnológico mediante filiales, acceso a actividades de R&D, etc.; por el contrario, las compañías domésticas (nacionales), carecen de los recursos y capacidades necesarias para adquirir de forma rápida y expedita tecnología de punta, debido a su falta de acceso al mercado tecnológico, falta de recursos, etc. (Vishwasrao *et al*, 2001). Así mismo, se debe considerar el sector al que pertenece la organización y el entorno en el que desarrolla sus actividades, variables fundamentales dentro del proceso de adopción (Souitaris, 2002). De lo anterior se desprende que la adopción tecnológica no depende solamente del tamaño de la firma, sino también de la naturaleza del cambio tecnológico y de las características y del contexto del incumbente y del mercado de cuestión (Thomas, 1999).

1.5.3. Variables sociales, económicas y políticas

La adopción de una innovación tecnológica ha sido considerada como un importante factor potencial en el cambio sociocultural. La adopción tecnológica no solamente es un simple producto adaptativo para la solución y la solvencia de necesidades; en su interior se ven inmiscuidos factores sociopolíticos e ideológicos responsables

del desarrollo y adopción de la tecnología. Dentro del aspecto económico existen algunos factores que los directivos que influyen al momento de la toma de decisión como son: (1) el costo y el riesgo de la adopción; (2) las estrategias de adopción; (3) la relación de estos factores para la utilización de la tecnología (Kim, 2001).

Los factores sociales juegan un papel determinante en la adopción de nuevas tecnologías (Mettler *et al*, 1998; Neslihan, *et al*, 1997; Patterson, *et al*, 2003; Venkatesh, *et al*, 2000; Jaffe Adam *et al*, 2005 y Meyers *et al*, 1999). Las variables sociales y económicas, aunadas a los factores políticos inmersos en el entorno competitivo y los ciclos de vida tecnológicos (Canton *et al*, 2002) determinan en cierta medida el grado, la fuerza, el rol y la rapidez de la adopción, en donde la estructura social de la región en cuestión resulta ser determinante en la difusión tecnológica (Gopalakrishnan *et al*, 2001). Los factores sociales son bastante amplios y dependen del contexto en donde se realice la adopción. Dentro de estas variables se requiere de una administración efectiva de los sistemas de conocimiento y del capital social, es decir, las redes de relaciones personales desarrolladas a través del tiempo hacia el interior y exterior de la organización (Sheriff *et al*, 2006).

El rápido desarrollo y difusión de nuevas tecnologías de información ha alterado el proceso de difusión, el proceso de producción, los ciclos de vida (productos y servicios) y los estándares de vida de los individuos dentro de la sociedad, implicando con ello un cambio dentro de la economía (Azari *et al*, 2005), lo cual conlleva a un impacto social aún no ponderado, afectando en menor o mayor medida a los diferentes estratos sociales dentro de la sociedad. Así mismo, las consecuencias, los impactos y riesgos posteriores a la implementación tecnológica, resultan ser hasta cierto punto inciertos y no mesurables en su totalidad. La aceptación social de una tecnología involucra ciertos aspectos a saber: los beneficios y riesgos potenciales, la adaptación y transferencia, rol, etc. (Mallet, 2007), los cuales a su vez se ven influenciados por las necesidades, la cultura, el comportamiento, los principios, los intereses económicos, etc., dentro de una sociedad en particular.

1.5.4. El aprendizaje

Antes de la adquisición de la nueva tecnología se requiere de la capacitación y el aprendizaje necesarios para la implementación (Huggett *et al*, 2001). El desarrollo de una nueva tecnología resulta ser un proceso de adquisición de nuevo conocimiento, en donde, dentro de las primeras etapas, éste se enfoca principalmente en el aprendizaje (Jacob, 2003). El aprendizaje tecnológico es la forma en que las organizaciones acumulan sus capacidades tecnológicas, y dichas capacidades se encuentran conformadas por el conocimiento, las habilidades y la experiencia (necesaria) para que las empresas produzcan, innoven y organicen sus funciones dentro del mercado. El aprendizaje dentro de la organización es la mayor fuente del cambio tecnológico incremental, ya que a través de la acumulación de dicho aprendizaje, los activos (de conocimiento) se transforman de forma continua en más y mayores beneficios (Oyelaran-Oyeyika *et al*, 2006).

En esta misma dirección la fuente del aprendizaje juega un papel importante en el desarrollo de la organización y el aumento de los rendimientos de las corporaciones. Es por ello que las trayectorias tecnológicas están condicionadas por las características de la organización, las cuales a su vez dependen de las fuentes de conocimiento, pudiendo ser éstas externas (aprendizaje mediante la interacción, socios tecnológicos e instituciones dedicadas a la ciencia y tecnología) o internas (procesos de aprendizaje). Las fuentes internas de aprendizaje coadyuvan en el desarrollo de la corporación en el incremento de las capacidades centrales y de competencia, permitiendo a su vez la obtención de mayores rendimientos. Las fuentes externas de adopción permiten el ahorro en el costo de desarrollo, pudiéndose incrementar la velocidad en la implementación de la innovación (Gopalakrishnan *et al*, 2001). En resumen, entre los determinantes para adquisición externa de tecnología podemos mencionar fundamentalmente tres: (1) La dinámica competitiva y el comportamiento asociado con la industria y los ciclos de vida tecnológicos y el surgimiento del diseño dominante; (2) Un régimen de apropiabilidad en cuanto a la protección de conocimiento y las capacidades tecnológicas; y (3) La disponibilidad y las fortalezas competitivas en el desarrollo interno de los recursos. La implementación de una nueva tecnología por ende no sólo afecta el desempeño

en el mercado, sino también el producto y/o servicio, así como el comportamiento financiero, en donde la capacidad de absorción tecnológica de la organización se ve comprometida en tales circunstancias (Jones *et al*, 2000).

Los incentivos de adopción dependen de la habilidad y la experiencia de la organización en la utilización de tecnologías previas. Dicha habilidad puede depender de vivencias y situaciones anteriores y la cantidad de aprendizaje obtenida mediante las diferentes formas de aprendizaje. La falta de aprendizaje da como resultado una subutilización de la nueva tecnología y la obtención de resultados pobres a corto plazo (Karp *et al*, 2001). Las nuevas tecnologías, entonces, inducen y afectan en forma significativa las habilidades del capital humano de las organizaciones, condicionando a su vez la acumulación del conocimiento formal, el cual se caracteriza por lo siguiente: (1) Estar inscrito a un marco de referencia específico; (2) La organización del aprendizaje se da en eventos o paquetes; (3) Se requiere de la presencia de instructores o especialistas que transfieran el conocimiento; y (4) Se requiere de reconocimiento de calificación o crédito y especificación externa de resultados.

Evidencias empíricas recientes sugieren que existe una correlación entre la inversión en la adopción de nuevas tecnologías y la acumulación/inversión en capital humano, en relación a la educación y a la contratación de personal especializado. Lo anterior conlleva a concretar una simultaneidad entre la adquisición de una nueva tecnología y la inversión en la educación ya que ésta produce un incremento significativo de las capacidades individuales para la adopción tecnológica en la absorción e implementación de la innovación, aumentando así los posibles beneficios y expectativas en la adquisición, existiendo para ello dos formas de inversión (en capital humano): inversión en educación general y la inversión en capital humano específico (Chander *et al*, 2004).

La adopción tecnológica implica a su vez un aprendizaje organizacional, en el que se ve involucrada la adquisición y el compartimiento de nuevos conocimientos. En relación a lo anterior, existen tres tipos de enfoques o teorías, que intentan o pretenden dar una explicación coherente a dicho proceso: (1) La perspectiva individualista; (2) La perspectiva estructuralista; y (3) La perspectiva interactiva. La

perspectiva individualista se basa en las capacidades y características individuales de las personas y cómo estas influyen en la adopción tecnológica. La perspectiva estructuralista trata de explicar la influencia de las características estructurales que afectan el proceso de innovación, como pueden ser el tamaño de la organización, el nivel de planeación estratégica que se posea, recursos, la jerarquización y la división del trabajo y roles dentro de la organización, etc. La perspectiva interactiva establece que el proceso de innovación es el resultado de una combinación e interacción de la perspectiva individualista y la estructuralista. Todas las perspectivas anteriores, generalmente, se analizan a nivel microeconómico debiéndose considerar a su vez a niveles macro y meso económicos, así como la naturaleza de la adopción y el contexto en que se desarrolla el proceso (Douthwaite *et al*, 2002).

Dentro del aprendizaje de los accionistas (en relación a las nuevas tecnologías), los individuos juegan un rol evolutivo en la generación y la selección de las innovaciones, en donde sus interacciones crean ciertas recombinaciones de ideas y experiencias en la promulgación de los beneficios, dando lugar a motivaciones individuales, las cuales se correlacionan íntimamente con la selección del tipo de aprendizaje; viéndose influenciados los resultados por la interacción entre los diferentes tipos de necesidades y sus respectivos entornos o ambientes en los cuales se encuentran inmersos (Douthwaite *et al*, 2002)

Como resultado de todo lo anterior el aprendizaje puede ser cuantificado mediante el análisis de las curvas de aprendizaje. Las curvas de aprendizaje pueden ser llamadas curvas de progreso o curvas de experiencia, éstas a su vez, indican el desarrollo del costo unitario promedio de forma marginal como una función acumulativa de la producción o de la capacidad. Observar y analizar los efectos de la curva de aprendizaje trae consigo diversos beneficios como puede ser la obtención de información como: el progreso tecnológico, información del aprendizaje, la reducción en los precios y costos de las variables de entrada, el costo financiero, el costo/beneficio de la mejora de la eficiencia organizacional, etc., (Kumbaroglu *et al*, 2006).

Las curvas de aprendizaje no se pueden separar de los efectos del costo y del cambio tecnológico. La expansión de la curva de aprendizaje da como resultado

un decremento en los costos fijos para la organización, lo cual a su vez puede representar el grado de difusión de dicha tecnología. La curva de aprendizaje describe el porcentaje del costo de producción que puede decrecer en forma exponencial, incrementado la producción en forma acumulativa. Lo anterior no sólo permite la obtención de productos y servicios de una mayor calidad, sino también una mejora en la producción y en la eficiencia, reduciendo en promedio el costo de producción para la firma (Pan *et al*, 2007).

1.5.5. Incentivos fiscales y contaminación

Generalmente, dentro del ámbito de la adopción de nuevas tecnologías (no así en todos los países), los incentivos fiscales y subsidios se originan cuando las tecnologías en uso producen efectos adversos al entorno, es decir, cuando dentro de un proceso específico se generan residuos que comprometen la calidad y el equilibrio del ambiente y la salud de los seres vivos. Es por lo anterior que los efectos inducidos por la política ambiental a una adopción tecnológica, tienen implicaciones normativas sustanciales, las cuales tratan de evitar el daño potencial dentro de las actividades económicas de la organización. Dicha normativa tiende a minimizar el impacto asociado así como a reducir la contaminación del entorno y de todas aquellas externalidades que pudieran afectar en forma negativa el ambiente inmediato (Jaffe *et al*, 2005). Dentro de las políticas ambientales para adopción de nuevas tecnologías (en relación al abatimiento de sustancias adversas al entorno natural, social, etc.) se puede encontrar una gama extensa de permisos, impuestos, incentivos, exenciones fiscales, estándares, normas etc., todas ellas encaminadas a la reducción de emisiones contaminantes (Requate *et al*, 2003).

Dentro del sector industrial la apropiabilidad juega un papel de suma importancia en el sector. Los incentivos fiscales, la inversión en infraestructura tecnológica y los nuevos arreglos y disposiciones dentro de las instituciones y la propiedad intelectual, facilitan el comportamiento innovativo. El conocimiento imperfecto y los parámetros locales así como la estructura del mercado, la escasez de capital, la acumulación previa del conocimiento y las políticas gubernamentales, son algunos de los factores que influyen en gran medida el proceso de la toma de decisiones.

En muchos países industrializados existen dos sistemas de innovación: los sistemas orientados a la misión y los que se encuentran orientados a la difusión. Dentro de un mercado pequeño, con poco crecimiento, se tiende a producir una fragmentación tecnológica, en donde las diferentes clases de tecnologías (potenciales o en uso) no presentan un beneficio significativo. Una política orientada hacia una estrategia tecnológica puede a su vez ir en detrimento de la adopción, esto ocurre particularmente cuando los efectos de la regulación producen un retardo en la incorporación de nuevas tecnologías (D'Acosta, 1998), o en el caso que las políticas gubernamentales estimulen la incorporación de tecnologías menos deseables que las actuales (Jørgensen *et al*, 1999).

Las fuerzas dentro de un mercado no regulado no necesariamente inducen a la adopción tecnológica en lo que a la reducción de contaminantes se refiere, sino más bien esto ocurre hasta que se introducen regulaciones encaminadas con este fin. Para ello existen dos posibilidades: primero, que el entorno se regule mediante estándares establecidos; segundo, que se induzcan al mercado incentivos o subsidios mediante un organismo regulador. Cuando se comparan estas dos vías de regulación, la incorporación de subsidios y dispensas económicas produce un mayor incremento en la adopción de nuevas tecnologías para la reducción de emisiones contaminantes (Requate, 2005).

Cuando se analiza la difusión la innovación dentro del progreso tecnológico, resulta importante distinguir entre el tiempo probable en que se lleve a cabo la adopción y las estrategias y compromisos del organismo regulador, es decir, se tiene que discernir quién toma la iniciativa, si el organismo regulador o las corporaciones involucradas. Si el organismo regulador toma la iniciativa, las organizaciones tendrán que adaptarse a las regulaciones y los compromisos establecidos de una forma ex-ante. En contraste, si las corporaciones toman la iniciativa al respecto, el organismo regulador tendrá que adaptar sus políticas y estándares respecto a las nuevas tecnologías (Requate, 2005).

De forma interesante, cabe señalar que los subsidios tienen un efecto en el incremento de la productividad promedio dentro de la operación de las

organizaciones, ya que esto puede permitir la sobrevivencia de una empresa, posibilitándole así permanecer dentro del mercado en situaciones adversas, hasta que éstas se vuelvan favorables a la organización. (Samaniego, 2006).

Las relaciones entre las presiones ambientales y las innovaciones tecnológicas pueden ser conceptualizadas por la evolución económica, en la cual la innovación industrial sigue la trayectoria del desarrollo tecnológico (Partidario *et al*, 2002) en diversos sentidos, todos ellos tendientes a la mejora de procesos y la disminución de sustancias contaminantes.

Los incentivos, la normatividad, los estándares y las dispensas económicas, actúan de forma activa en la adopción de nuevas tecnologías, ya que la implementación de éstas provoca una difusión de la innovación de forma acelerada (con la ventaja de la obtención de subsidios, los cuales se traducen en un ahorro para la organización).

1.5.5. Estrategia de mercado y preferencias de los consumidores

Actualmente la competencia se basa en las preferencias y en la percepción del valor por parte del consumidor, teniendo como consecuencias el creciente surgimiento de los negocios orientados al mercado y la adopción de los esfuerzos de marketing para la creación de necesidades, sujetos a intereses sociales de diversos grupos (Pires *et al*, 2003).

Las preferencias de los consumidores resultan fundamentales en la adopción de nuevas tecnologías, ya que el valor del producto depende del número de personas que lo utilizan. La elección de un producto por parte de los consumidores es lo que lo convierte en un diseño dominante; inevitablemente la introducción de una nueva tecnología cambia la estructura del mercado, en donde el marketing juega un factor decisivo en el proceso de difusión (Tse, 2002).

Las estrategias de mercado juegan un papel relevante dentro de la adopción tecnológica, como: el desarrollo de productos, el desarrollo de mercado y la interrelación de las estrategias de administración. Para ello se requiere de cierta

información previa como puede ser: conocimientos de la implementación (factores que impactan y la dirección y naturaleza de los factores de influencia), inteligencia de mercado (compras y preferencias de los consumidores, estrategias y actividades de la competencia, influencias internas y externas del mercado, acciones y regulaciones gubernamentales y tendencias de la economía) y, finalmente, el aprendizaje organizacional (fortalezas y debilidad de la firma, recursos y capacidades, éxitos, fracasos, experiencias pasadas y valores, así como objetivos organizacionales, (Meyers *et al*, 1999).

1.5.6. Capacidades innovativas

La introducción de una nueva manera de realizar las cosas (innovación tecnológica) representa un cambio cualitativo, ya que esto implica una reestructuración de la capacidad productiva. La reestructuración de la capacidad es un proceso que toma lugar en el tiempo, y está caracterizada en primer lugar por el cambio en el balance entre el proceso en la fase constructiva y en la fase de utilización (Armendola *et al*, 2005).

Las capacidades tecnológicas resultan ser de gran importancia en el crecimiento económico de cualquier organización. Una de las características de dicha capacidad tecnológica se encuentra inmersa en la producción y la acumulación del conocimiento, la cual se localiza distribuida dentro de unas pocas áreas industriales a nivel mundial. En referencia a lo anterior, el comercio internacional, las comunicaciones, las políticas públicas y la inversión extranjera son las responsables de promover la cooperación científica, además de impulsar la difusión de las nuevas tecnologías y de sus capacidades (Archibugi *et al*, 2004).

Las capacidades tecnológicas de un ente están conformadas por una gran variedad de fuentes de conocimientos e innovación, ya sean éstas tácitas y/o codificadas. Algunas de ellas están compuestas de nuevas ideas e invenciones, otras subyacen inmersas en equipo, maquinaria e infraestructura, etc.; dichas capacidades están compuestas por clústeres de innovación asociados con diferentes corrientes de desarrollo industrial. La integración de los nuevos sistemas tecnológicos

requieren del dominio de la tecnología en uso (o anteriores), permitiendo a los agentes económicos construir ciertas competencias de una forma acumulativa. Muchas de las fuentes relacionadas a las capacidades tecnológicas son más complementarias que intercambiables, las cuales requieren de grandes esfuerzos en lo que a inversión, labor e instalaciones se refiere. Dentro de las capacidades tecnológicas podemos considerar se tienen: (1) La creación de tecnología (patentes, artículos científicos); (2) La infraestructura tecnológica (penetración de tecnologías de información y de comunicaciones, etc.); y (3) El desarrollo del capital humano especializado -universidades, desarrollo de capital especializado, tiempo de escolaridad, etc.- (Archibugi *et al*, 2004).

La capacidad innovativa es la habilidad de desarrollo de la producción y la comercialización, largo plazo; dicha capacidad depende de la fortaleza de la infraestructura comunitaria, la organización y el entorno innovativo de los clústers industriales, y la fuerza de los vínculos entre estos dos factores. Dentro de las capacidades innovativas, en un ambiente competitivo y globalizado, entran en juego la innovación tecnológica y las diferencias internacionales, en cuanto a la intensidad y la información de las políticas públicas (en lo referente a la innovación), así como los aspectos económicos y políticos (Furman *et al*, 2002) dentro y fuera del entorno organizacional.

1.5.7. Cadena de valor y de suministro

La integración de las actividades de la cadena de suministro con la tecnología, con la finalidad de cumplir con los compromisos organizacionales adquiridos, permite el desarrollo de ventajas competitivas dentro de una gran parte del segmento industrial; lo anterior, genera por consiguiente, un cambio no sólo en las capacidades y potencialidades en la cadena de suministro, sino también un cambio drástico en toda la cadena de valor de la organización. Es así que en la actualidad las cadenas de valor tradicionales están desapareciendo debido a la entrada de nuevos y mejores competidores y a la nueva reestructuración industrial. Los rápidos cambios tecnológicos y el incremento de las turbulencias en los mercados, añaden nuevas dimensiones a un escenario cada vez más complejo, donde las cadenas de valor

son rápidamente envueltas en redes de trabajo con múltiples y variados puntos de entrada y salida, creando una complejidad enorme para todos los integrantes del mercado (Li *et al*, 2002).

1.5.8. La difusión tecnológica y los atributos de las nuevas tecnologías

El incremento en la complejidad del desarrollo tecnológico y la adopción de innovaciones transforma de forma rápida la efectividad de las políticas tecnológicas y científicas (Ekboir, 2003). En un ambiente en donde el cambio tecnológico se presenta de forma continua, las organizaciones se ven en la necesidad de decidir sobre la inversión en nuevas tecnologías y en la actualización de información. Dicha actualización de forma continua puede resultar costosa para las organizaciones en cuestión; la disyuntiva de invertir en nuevas tecnologías y la obtención de ventajas competitivas antes que sus adversarios, incrementan la incertidumbre y el riesgo de inversión (costo de oportunidad, costos de inversión, costos de administración, costos de capacitación y costos de aprendizaje) sobre una adopción, cuyas capacidades resultan en un inicio inciertas por la falta de información de los beneficios de ésta y sobre las expectativas que pudieran generarse sobre la recuperación de la inversión.

Lo anterior conlleva a establecer otra gran preocupación: ¿Cuándo invertir?, los tiempos de adopción tienden a reducirse cuando la competencia en el mercado resulta ser grande y requiriéndose generalmente reducir los costos asociados dentro del mercado (Mukherji *et al*, 2006). Las adopciones tecnológicas, entonces, resultan ser decisiones que se realizan a través de un periodo de tiempo en forma continua, en horizontes infinitos o finitos dentro de problema de programación dinámica (Doraszelsky, 2004). Cuando la adopción se realiza dentro de los horizontes finitos, éstos no permiten tener una dimensión total de la proyección de la decisión (en forma global), en cuanto a la incorporación de nuevas tecnologías se refiere, y en ocasiones resulta más rentable un retardo en la adopción que su implementación de forma temprana (Cheevaprawatdomrong *et al*, 2003).

Dentro del crecimiento tecnológico se presentan por lo menos dos problemas: (1) El ciclo de vida de la tecnología –que en términos prácticos tiende a hacer obsoletas

las innovaciones en períodos cada vez más cortos–; y (2) La competencia de las compañías por obtener el diseño dominante –la cuales someten a los consumidores a una gama extensa de productos–. Es por ello que la difusión (hacia el exterior y hacia el interior) de la innovación, forma parte esencial de la estrategia para la creación de valor a la corporación. Entiéndase por difusión el proceso por el cual la innovación es comunicada a través de ciertos canales a través del tiempo entre los miembros de un sistema social, los cuales tienden a minimizar a o incrementar la incertidumbre de la adopción en un entorno generalmente dinámico (Yang *et al*, 2006).

Es importante recalcar que el conocimiento es la base de la innovación y de su difusión. La adopción o difusión de una nueva tecnología puede ser explicada según Yang y Liu (2005) por medio de los atributos percibidos de ésta, los cuales pueden ser ventajas relativas, complejidad, compatibilidad, observabilidad y confiabilidad. Así mismo, según McDade *et al*, (2002) los atributos que se deben considerar para la adopción tecnológica resultan ser: la complejidad y compatibilidad, las competencias del adoptador, el estado del arte, la emergencia del diseño dominante, y la combinación de precio y desempeño; a su vez, Ziamou (2002), indica que las nuevas tecnologías a menudo son comercializadas utilizando nuevas interfaces de interacción cliente-tecnología, la cual determina la forma de interacción con el usuario y la percepción de la incertidumbre de las nuevas capacidades y de resolución de necesidades, y es en dicho momento en donde entra en juego la funcionalidad.

Dentro de algunos de los atributos básicos para la inducción a la adopción de nuevas tecnologías, Borchers (2005) menciona que existen barras fundamentales para la difusión de la innovación a lo largo de diversos Gobiernos, sociedades y organizaciones, presentando las innovaciones algunos atributos que pueden determinar su adopción, como pueden ser las ventajas relativas, la compatibilidad, la complejidad, la observabilidad; siendo las ventajas relativas y la compatibilidad, los factores críticos en la aceptación de la adopción. Pero además no sólo los atributos de las nuevas tecnologías resultan decisivos, a su vez la fuerza de venta encargada de la difusión tecnológica influye en las intenciones de la adopción (Hultink *et al*, 2000). La administración y el desarrollo de la innovación y las estrategias necesarias, a su vez resultan ser de gran importancia toda vez que se adquiere una innovación (Jones

et al, 2000), así como la fuente de suministro de la innovación y la efectividad de ésta (Gopalakrishnan *et al*, 2001). En este sentido Plouffe *et al*, (2000) menciona que se pueden considerar como factores (atributos tecnológicos) que pudieran predecir una adopción tecnológica como resultado de la evaluación positiva de las siguientes variables: (1) Ventajas relativas y competitivas; (2) Compatibilidad; (3) El grado en que el producto puede ser probado por sus posibles adoptadores (trialability); (4) La complejidad/facilidad de uso; (5) La percepción tecnológica de las características y beneficios (en particular por el usuario de la innovación); (6) Demostración de resultados; (7) Imagen; y (8) El Control volicional.

1.5.9. Incertidumbre

Dentro de un entorno globalizado y cada vez más competitivo las organizaciones invierten grandes cantidades de dinero en nuevas tecnologías. Los propósitos de inversión en nuevas tecnologías, sin embargo, implican un cierto grado de incertidumbre a partir de ciertos aspectos como son el tiempo de inversión (que sea el más adecuado) y el costo del control, los cuales a menudo se torna difícil y complicado el manejo y su administración (Martensson *et al*, 2006). La adopción de una nueva tecnología a menudo representa un componente crítico en las políticas de inversión y presupuestación de las corporaciones, éstas a su vez, representan una decisión estratégica irreversible en la que se involucra el tiempo como factor determinante en la adquisición. Una adopción en una fase temprana, puede resultar riesgosa y al mismo tiempo ventajosa (Alvarez *et al*, 2001), considerándose además que se debe crear el conocimiento necesario en la fuerza laboral; por todo ello se vuelve fundamental el evaluar la incertidumbre dentro del proceso de adopción tecnológica de una forma estocástica (Doraszelski, 2004; Alvarez *et al*, 2001), en donde se ve involucrada la incertidumbre del mercado.

Los modelos de incertidumbre (sobre los beneficios) plantean que las organizaciones tienen hasta cierto punto algunos incentivos para el retardo de la adopción de nuevas tecnologías (hasta la obtención de la información vital y estratégica), con el objeto de no adquirir una adopción no redituable a la empresa. Dichos modelos de incertidumbre tecnológica extienden la línea de conocimiento anterior adicionando

la incertidumbre generada por los desarrollos tecnológicos, es decir, cuando los períodos del ciclo tecnológico son cortos y la posibilidad de recuperación de la inversión es pequeña, entonces la decisión es irreversible. Lo anterior conlleva a dos disyuntivas: por un lado el invertir demasiado pronto en la innovación, y por otro el costo de oportunidad de la espera, de retraso y de observación (Doraszelski, 2004).

En resumen, las expectativas y la preocupaciones de las organizaciones, debido a la rapidez del cambio tecnológico en relación a las nuevas tecnologías y a la incertidumbre sobre los desarrollos futuros, dan como resultado una tasa de adopción baja en el campo tecnológico, dado que la preocupación de la posible y rápida obsolescencia de la innovación contribuye al retraso de adopciones tecnológicas por parte de la organización, dando origen a una posposición de las inversiones tecnológicas dentro de las organizaciones (Rahman *et al*, 2001).

1.5.10. Costos

El moderno desarrollo económico remarca el rol de la tecnología de las trayectorias de crecimiento dentro y fuera de las organizaciones. La adopción de la innovación depende de la comparación de los rendimientos esperados y posibles, así como del costo de oportunidad en la adquisición (Karp *et al*, 2001). Generalmente, la literatura relacionada sobre la adopción tecnológica se refiere y se enfoca sobre los costos de adopción, ésta, a su vez, se encuentra llena de ejemplos abruptos de transiciones tecnológicas. Las nuevas tecnologías en ocasiones no resultan ser sustitutos perfectos de las tecnologías en uso, las cuales (nuevas tecnologías) requieren de una inversión sustancialmente grande para sufragar los costos de adopción, entre los que se incluyen el aprendizaje, desarrollo de habilidades, implementación de nuevas formas de organización y el desarrollo e inversiones complementarias (Bessen, 2001). Algunos autores se han enfocado de igual forma en los efectos de ocasionados por la adopción y la entrada de las nuevas tecnologías, además de los factores políticos y sociales inmersos en el entorno competitivo y los ciclos de vida tecnológicos (Canton *et al*, 2002).

El costo de implementación resulta estratégicamente importante por diversos

motivos: (a) Permite un desarrollo eficiente del proceso redonda en la obtención ventajas y estrategias competitivas de una forma rápida y eficiente; y (b) Menores costos implican la obtención de una mayor flexibilidad en el desarrollo de los proyectos. Un proceso eficiente es un factor crítico de éxito para la innovación, es decir, la efectividad utilizada como parámetro permite la obtención de beneficios como el abatimiento de costos fijos y de producción, así como la creación de nuevas y mejores ventajas sobre la competencia, que permiten a su vez una diferenciación sobre ésta (Gopalakrishnan *et al*, 2001).

Dentro de la adopción de una nueva tecnología se debe tener una idea clara de los beneficios de ésta de forma anticipada. Entre algunos de los beneficios podemos encontrar ahorros en los costos fijos, aumento de la eficiencia, aumento en la flexibilidad, mejoras en la calidad del producto y/o servicio, etc. Entre algunas de las variables que afectan negativamente el proceso de adopción se encuentran: (1) Los costos de inversión (altos precios de la tecnología, restricciones de liquidez, costos asociados, etc.); (2) Restricciones de capital humano; (2) Incertidumbre en el desempeño de la adopción; (3) La capacidad estratégica de administración tecnológica y las interfaces de comunicación; y (4) La compatibilidad con los otros componentes dentro de la firma. A su vez surge otro tipo de problemas en relación con las capacidades de absorción de las compañías, como es la necesidad del capital humano idóneo con los costos que ello implica (Hollenstein, 2004).

El justo entendimiento de la importancia y de la relación que guardan tanto los costos (mantenimiento, aprendizaje, etc.) y los beneficios en la inversión tecnológica, resulta ser crucial para el desarrollo de políticas y estrategias para la producción de bienes y servicios que afecten de forma positiva la utilidad proyectada o esperada (Ugan *et al*, 2003). Al realizar una adopción o encontrarse en vías de ésta, el interesado generalmente efectúa un análisis costo beneficio de acuerdo a las expectativas desarrolladas por la incorporación tecnológica, las características, calidad, los posibles rendimientos a obtener y los beneficios de la tecnología, que incentivan a los posibles clientes al acogimiento de la tecnología, pero así mismo, los costos de inversión asociados (costos de aprendizaje, de reestructuración, actualización, etc.), la disponibilidad de capital de inversión y una exhaustiva comparación asociada

a los rendimientos actuales y los probables, conllevan a la introducción de un ambiente de incertidumbre (técnica, financiera, etc.) en la adopción, bajo el concepto de irreversibilidad de las acciones y decisiones, siendo por ello que una cantidad grande de organizaciones optan por el retraso de la adquisición o incorporación de la innovación (Kim, 2001).

En relación a lo anterior la inversión en nuevas tecnologías puede acarrear costos sustanciales en la inversión inicial en la fuerza laboral, lo que puede inducir a la resistencia de la adopción. La resistencia al cambio tecnológico puede ser explicada mediante tres factores. El primero, un obstáculo relevante para la adopción tecnológica resultan ser los grandes esfuerzos que se ven involucrados para la obtención del consenso y del soporte necesario para el cambio en las políticas de resistencias al cambio. El segundo, los sindicatos juegan un papel esencial dentro de las adopciones tecnológicas, ya que en diversas ocasiones se resisten a reducción de costos en miras a una reducción de personal. El tercero, las leyes y regulaciones que no permiten la mejora tecnológica por las características asociadas a ésta (Canton *et al*, 2002).

Dentro de la adopción de activos, las mejoras tecnológicas tienen especial importancia. Dichas decisiones tienen un mayor impacto a corto plazo en la base de la estructura, por lo menos por dos razones. La primera, a menudo dichos activos involucran una inversión sustancial de capital; el costo asociado del cambio de la tecnología actual a otra implica un costo asociado en los cambios requeridos para su implementación (capacitación, maquinaria, equipo, herramientas, métodos de producción, etc.). La segunda, la decisión de la adopción determina a largo plazo los costos de producción de los bienes y/o servicios (Chambers, 2004). Lo anterior conlleva a que la tecnología y la relatividad de los precios interactúan con cada una de las variables de salida a todos los niveles (costos totales promedio, los factores totales de productividad, etc.), lo cual conduce al establecimiento de efectos compuestos dentro de la adopción tecnológica (Antonelli, 2003).

Otros de los factores que afectan los costos de inversión son la movilidad de los ingresos y las utilidades, los cuales determinan la velocidad del cambio tecnológico

y el crecimiento económico; así mismo, el cambio tecnológico determina una inequidad de las percepciones laborales y la movilidad de las utilidades. En concordancia con lo ya mencionado (capital humano y aprendizaje), la necesidad de capital humano especializado resulta ser determinante para la generación del progreso tecnológico en nuestra sociedad. El crecimiento de la tecnología se debe a la incorporación de una fuerza laboral altamente capacitada o especializada en una parte del conocimiento, aunque el crecimiento de la demanda produce una reducción de salarios y percepciones por un efecto de sustitución a corto plazo, dando como resultado un progreso tecnológico cuando la productividad marginal relativa de las diferentes variables iniciales cambia en relación a la diferencia salarial, entre el capital humano que no se encuentra especializado y el especializado. Aunque los diferentes tipos de capital humano se encuentran relacionados, las funciones, las tareas y el desempeño no sólo son diferenciables, sino que también determinantes en el desarrollo tecnológico. La variable de las percepciones salariales puede resultar de especial interés para los economistas debido a que ésta puede ser una medida de la flexibilidad del mercado laboral, el cual se presenta como la tasa de desempleo o empleo dentro del sistema económico en cuestión, es decir, la sustitución laboral (Greiner *et al*, 2004).

De lo antes enunciado se desprende que existen ciertas externalidades en la adopción de una nueva tecnología, como es el costo del aprendizaje (McDade *et al*, 2002), en el que se debe de incurrir en cualquiera de sus modalidades o formas (Jaffe *et al*, 2005), es decir, que dentro de la paradoja tecnológica en donde comúnmente se establece (de forma errónea) que una remuneración alta y altos estándares de vida contribuyen a una implementación exitosa, no resulta ser suficiente en la práctica, ya que se requiere de igual forma una inversión en capacitación y actualización de conocimientos de la fuerza laboral por parte de la corporación (Larwood *et al*, 1997). De la misma manera Khan *et al*, (2000) expresan que dentro del campo de la acumulación de capital la adopción tecnológica resulta ser costosa, no sólo en aspectos de aprendizaje sino todos aquellos costos indirectos que esto implica; en un ambiente en el cual la productividad de la tecnología en uso puede posponer la implementación de una nueva o la productividad de la innovación podría incentivar a su adopción.

En este sentido el incremento de los recursos y beneficios en la adopción tecnológica juega rol fundamental en la difusión de las nuevas tecnologías (Witt, 1997), así mismo la carencia de información y la incertidumbre dentro de la adopción se combinan con las expectativas de la obtención de beneficios (rentabilidad) a corto, mediano y largo plazo, dando como resultado que la adopción tecnológica solamente gire alrededor de 4 aspectos importantes, pero no del todo determinantes: (1) La rentabilidad; (2) El costo inicial; (3) El riesgo; y (4) La complejidad (Batz *et al*, 2003).

1.5.11. Filtros de adopción

Los directivos y administradores en el sector industrial, a menudo se ven de cara con el dilema de la selección de la tecnología más adecuada y apropiada, entre una gran gama de posibilidades, en donde el rápido desarrollo de la tecnología, incrementa la complejidad de la selección. Generalmente, la selección de la adopción se centra en la viabilidad financiera de ésta, o en una justificación convencional de los factores de inversión. Para la valuación de una adopción tecnológica, se requiere de por lo menos dos tipos de filtros: los filtros de requerimientos (calificación) y los filtros de adopción (Shehabuddeen *et al*, 2006). Dentro de los filtros de requerimientos se tienen (Shehabuddeen *et al*, 2006):

- Filtros técnicos: Calidad, confiabilidad flexibilidad, repetitividad y volumen.
- Filtros financieros: Capital, ventas, operación y renovación.
- Presiones externas: entorno, regulaciones y normatividad.

Dentro de los filtros de adopción se tienen:

- Integración: compatibilidad e impacto.
- Uso: utilización y utilidad.
- Conveniencia del suministro: servicio, integridad y asociaciones estratégicas.
- Alineamiento de la estrategia: soporte y compatibilidad.
- Riesgo: operacional, tecnológico y comercial.

Todos estos factores contenidos en dichos filtros son afectados tanto por agentes externos como internos.

Entre los agentes internos tenemos:

- La función de producción.
- La función financiera.
- La función del capital humano (recursos).

Dentro de los agentes externos están los siguientes:

- Consumidores.
- Proveedores tecnológicos.
- Competencia.

En resumen, la identificación de las variables que intervienen dentro del proceso de adopción de nuevas tecnologías, resulta ser una labor difícil y hasta cierto punto ambigua, debido a que de una u otra manera todas ellas se relacionan de forma sistémica y no individualmente, es decir, los efectos de una variable no pueden ser separados ni aislados de forma efectiva, ya que dichos efectos son el resultado de la interacción de diversas fuerzas y factores involucrados dentro del proceso de adopción. Sin embargo, a continuación se enlistan, de forma ambiciosa, algunas de las variables que influyen dentro del proceso de adopción, dejándose abierta la posibilidad de incorporación de otros factores y variables que se pudieran añadir dentro del análisis, ya que intrínsecamente el campo de las nuevas tecnologías resulta ser un entorno cambiante y en constante movimiento, por lo cual resultaría improbable la obtención de variables y factores absolutos que permitieran determinar los beneficios y los prejuicios dentro del proceso de implementación o adopción tecnológica. Y es así que dentro de las variables identificadas a lo largo de análisis anteriormente expuesto, se tienen:

1) Tipo de cambio generado:

- Radical.
- Incremental.

2) Tipo de innovación:

- Innovación al producto.
- Innovación al proceso.
- Innovación al servicio.

3) Tipo y tamaño de la organización:

- Transnacional.
- Doméstica.

4) Sector al que pertenece la organización.

5) Factores naturales.

6) Factores sociales:

- Nacionales.
- Internacionales.

7) Factores políticos:

- Nacionales.
- Internacionales.

8) Factores económicos (macro, micro y meso económicos):

- Internacionales.
- Nacionales.

9) Aprendizaje:

- Learning by doing.
- Learning by searching.
- Learning by mistaken.
- Learning by learning.
- Learning by using
- Learning by forgetting.
- Learning by consuming.

10) Fuente de adquisición de conocimiento:

- Externa.
- Interna.

- 11) Ciclo de vida tecnológico.
- 12) Políticas y normativas gubernamentales:
 - Subsidios.
 - Incentivos.
 - Exenciones fiscales.
 - Normatividad.
 - Estándares
 - Regulaciones
 - Permisos
- 13) Cadena de suministro.
- 14) Cadenas de valor organizacional.
- 15) Difusión tecnológica e información disponible.
- 16) Tipo de mercado.
 - Perfecto.
 - Imperfecto.
 - Segmento.
- 17) Preferencias del consumidor.
- 18) Tipo de conocimiento:
 - Tácito.
 - Codificado.
- 19) Marketing.
- 20) Capacidades organizacionales:
 - Alianzas estratégicas.
 - Flexibilidad.

- Cultura organizacional.
- Capacidad estratégica.
- Gestión.
- Administración.
- Absorción tecnológica.
- Organización.
- Control y monitoreo.
- Innovativa.
- Tecnológica.
- Operativa.

21) Tendencias:

- Nacionales.
- Globales.

22) Tiempo de adopción (Timing):

- Retraso.
- Adopción temprana.
- Óptimo.

23) Capital humano:

- Especializado.
- No especializado.

24) Tipo de entorno:

- Dinámico.
- Estacionario.

25) Competencia:

- Directa.
- Indirecta.
- Potencial.

26) Atributos de la tecnología:

- Complejidad.
- Observabilidad.
- Funcionalidad.
- Soporte.

- Ventajas relativas.
- Confiabilidad.
- Imagen.
- Control volicional.
- Flexibilidad.
- Eficiencia.
- Interfase de comunicación.
- Movilidad.

27) Incertidumbre:

- Inversión.
- Ciclo tecnológico.
- Irreversibilidad.
- Apropiabilidad.
- De mercado.
- Desarrollos futuros.
- Riesgos (operacional, tecnológico, comercial, inversión, etc.).

28) Costos y beneficios:

- Costo del capital humano.
- De actualización.
- De capacitación.
- De implementación.
- Inversiones complementarias.
- De aprendizaje.
- Abatimiento de costos.
- Productividad.
- Eficiencia.
- Costos de servicio.
- De adquisición.
- Ahorros.
- Recuperación de inversión.
- Rendimientos.
- Rentabilidad.
- Costos de producción.
- Investigación y desarrollo.
- Depreciación.
- Irreversibilidad.
- Apropiabilidad.
- Indivisibilidad.
- Financiamiento.

En la actualidad la mayoría de las organizaciones realizan o proyectan la adopción y/o la implementación de innovaciones tecnológicas, tomando en cuenta las variables financieras como aquellos factores determinantes dentro del proceso adoptativo, pasando por alto otras, que a su vez resultan de gran importancia y desempeñan un papel fundamental para el éxito de la adopción, es decir, dentro del acogimiento

de una nueva tecnología en el seno de la organización, las variables tangibles e intangibles resultan ser igualmente decisivas dentro del proceso. Considerar solamente los aspectos financieros dentro de éste puede conllevar al fracaso de la empresa, dentro de un entorno dinámico como son las nuevas tecnologías.

Dentro de la adopción tecnológica existen ciertas variables que actúan de manera irreversible en la toma de decisiones, las cuales afectan el desempeño de la innovación de una forma directa y decisiva en la consecución de metas y objetivos dentro de las organizaciones.

El riesgo y la incertidumbre dentro del proceso de adopción de nuevas tecnologías se derivan no solamente de los factores financieros; más bien, estos son el reflejo de variables mucho más complejas dentro del entorno competitivo, tanto de manera localizada como global; es por ello, que se requiere de una correcta identificación de los factores, variables y situaciones que incidan de manera directa dentro del proceso de adopción de una forma sistémica, con la finalidad de expandir y ampliar el marco situacional inicial, permitiendo así la toma de decisiones apegadas a las estrategias, objetivos y metas de la organización, con el afán de maximizar los beneficios y rendimientos proyectados por la empresa o consorcio.

La identificación de las variables tecnológicas que intervienen en la adopción, son el comienzo dentro del proceso; por ello, se requiere del desarrollo de una metodología que permita conjuntar, analizar y evaluar de forma efectiva todos aquellos factores que intervienen y las diferentes relaciones que tienen a lugar, dentro de un marco de referencia en particular. Resulta relevante mencionar que las variables identificadas con anterioridad afectan en forma diferente a todas las organizaciones, por lo cual no se pueden ni deben extrapolar los resultados obtenidos a partir de análisis particulares (situaciones, variables, factores, escenarios, opciones, etc.), debido a que cada empresa resulta ser un ente en particular con diferentes capacidades, valores, estructuras, etc., las cuales permiten o imposibilitan en mayor o menor grado el éxito de la adopción.

PARTE II

METODOLOGÍA

El presente Capítulo se concentra en establecer las consideraciones metodológicas para el proceso de la evaluación tecnológica, y en él se introduce el concepto de opciones reales y sus principios metodológicos. De igual forma, se recalca la importancia de la utilización de escenarios, así como la identificación de las variables tecnológicas que afectan la adopción de una nueva tecnología en cuestión. Finalmente, se estructura una metodología para la valuación de nuevas tecnologías, integrando los conceptos de opciones reales y escenarios.

Tópicos

- Opciones reales
 - Tipos de opciones reales
 - Escenarios
 - Desarrollo de escenarios
 - Variables tecnológicas
 - Metodología de valuación
-

El auge de los mercados derivados en los últimos años se ha basado en la especulación, provocado la utilización de opciones para la cobertura de riesgos y, precisamente, la posibilidad de separar el riesgo de las fluctuaciones en los precios de las operaciones físicas subyacentes de una empresa y gestionarlos separadamente, a través del uso de productos derivados, es la mayor de las innovaciones financieras de las últimas décadas. Pero es que, a su vez, a medida que se van creando productos con esta finalidad se aprecia su aplicación, no solo en la cobertura de riesgos, sino también para cubrir otras necesidades de la organización.

2.1. Gestión de riesgos financieros: Bello *et al*, (2007)

El marco de riesgo en el que se desenvuelven las organizaciones ha cambiado profundamente en los últimos años, debido a las crisis que se han estado presentado, cuyos efectos han afectado el desempeño de éstas a corto, mediano y largo plazo, sus operaciones, influyendo de un modo u otro sobre sus resultados y beneficios esperados. Muchos de estos riesgos son inherentes al desarrollo de su propia actividad

productiva y son denominados riesgos de negocio, económicos o empresariales, ligados a la fabricación y comercialización de los productos y servicios de la compañía. El inversor, por consiguiente, solamente estará dispuesto a asumir dicho riesgo cuando la rentabilidad esperada sea suficiente para compensarlo, pudiendo ser gestionado eficazmente a través de herramientas tradicionales, tal como la diversificación. Aparte de dichos riesgos dentro de los proyectos de inversión, actualmente las empresas se encuentran sometidas a otros de origen financiero, los cuales ejercen una mayor influencia sobre las organizaciones.

Cabe señalar que actualmente el riesgo financiero, debe ser identificado y debidamente cuantificado, puesto que la rentabilidad de una empresa no sólo depende de lo eficiente que sea ésta en la toma de decisiones, sino también, la forma en que controla el riesgo del entorno. Entre los riesgos más importantes a los que está expuesta una empresa se puede mencionar la dinámica de precios de las materias primas, de los precios de los energéticos y la energía misma, así como la variación en el tipo de cambio y cambios en las tasas de interés, entre otros.

El efecto de los riesgos de mercado sobre las empresas ha ido en aumento toda vez que el entorno financiero mundial se hace más incierto. Ante estas situaciones, que afectan considerablemente los beneficios de las empresas, las organizaciones presupuestan y planifican la gestión de los proyectos de inversión con el objeto de mitigar o atenuar la probabilidad de sufrir pérdidas en los beneficios esperados por éstas. En este sentido, las empresas controlan de manera tradicional sus riesgos en lo referente a los tipos de interés, alineando activos y pasivos de vencimiento similar. No obstante, estas técnicas tradicionales plantean diversas dificultades, como por ejemplo el financiamiento del costo de mantener un inventario excedente de materias primas, como protección frente a incrementos futuros de precios, pudiendo sufrir pérdidas importantes si el precio del bien decae por debajo del costo real.

Es en este sentido y con el objeto de mitigar los riesgos inherentes a los métodos tradicionales, se han ido desarrollando desde hace algunos años técnicas para la administración y gestión de riesgos, trayendo como consecuencia el surgimiento de los instrumentos financieros derivados. Los instrumentos financieros derivados

correctamente utilizados, permiten transferir los riesgos a los que se encuentran sometidos los agentes sin crear riesgos adicionales, permitiendo así anticiparse a las consecuencias favorables o desfavorables de dichos cambios. Este hecho permite limitar las pérdidas potenciales y estabilizar los flujos de caja, aportando una flexibilidad importante, así como bajos costos de transacción. Pese a que los derivados se utilizan desde hace tiempo, últimamente han pasado a ser considerados por las organizaciones como una estrategia viable en la gestión activa de los riesgos financieros, acentuados por la actual volatilidad de los precios y activos financieros.

2.1.1. Cobertura, futuros, opciones y primas

La primera función de los instrumentos derivados es la de proporcionar un mecanismo de cobertura frente al riesgo de mercado ante la posibilidad de que el precio de mercado de un instrumento financiero varíe, ocasionando pérdidas o menores beneficios. Atendiendo a las causas de esta variación, cabe enunciar tres variables asociadas al riesgo de mercado: (1) El riesgo de tipo de interés; (2) La modalidad de riesgo de mercado; y (3) Las posibles pérdidas originadas por variaciones en el precio de los valores de renta variable. Muchas de las inversiones realizadas bajo el marco anterior, presentan al menos 3 características en común: (1) Las inversiones son completa o parcialmente irreversibles; (2) La incertidumbre sobre la recuperación de la inversión en el futuro; y (3) El momento más adecuado para ejercer la inversión.

Frente a todas estas formas de riesgo de mercado, el procedimiento de cobertura es el mismo, el cual consiste en realizar operaciones que contribuyan a disminuir la exposición al riesgo (compraventa o emisión de opciones). Si el activo de la operación de cobertura no es el mismo que el que origina el riesgo, al menos los factores que influyen en la variabilidad del precio de ambos y en la magnitud de ésta, han de ser lo más similar posible. Entonces, si las operaciones de cobertura tienen como objeto el reducir o eliminar el riesgo que se deriva de la fluctuación del precio del activo, es probable destacar dos aspectos importantes: (1) La necesidad de cobertura no deriva del volumen de operativa en los mercados, sino del volumen y estructura de las carteras y de la forma de financiarlas; y (2) Que siempre que la

magnitud y las causas de la variabilidad del precio sean similares, es posible realizar operaciones de cobertura basadas en un activo para disminuir los riesgos derivados de posiciones en otros instrumentos diferentes. Todo lo anterior, generalmente se efectúa a través de contratos dentro de un mercado de futuros.

Un contrato de futuros es un acuerdo negociado, que obliga a las partes contratantes a comprar o vender un número de bienes o valores (activo subyacente) en una fecha futura (fecha de ejercicio), pero con un precio establecido de antemano (precio de ejercicio). Cuando se compra un contrato de futuros, se dice que se adopta una *posición larga*, por lo que tiene el derecho de recibir en la fecha de vencimiento del contrato el activo subyacente objeto de la negociación. De igual manera, cuando se vende un contrato de futuros, se dice que se adquiere una *posición corta*, por lo que al llegar la fecha de vencimiento del contrato deberá entregar el correspondiente activo subyacente, a cambio, la cantidad correspondiente, acordada en la fecha de negociación del contrato de futuros.

Bajo el concepto anterior se tiene de igual manera la figura de las opciones. Una opción es un contrato entre dos partes, por lo cual una de ellas adquiere sobre la otra el derecho, más no la obligación, de comprarle o de venderle una cantidad determinada de un activo a un cierto precio y en un momento futuro. Resulta importante señalar que una opción tiene cinco parámetros/conceptos fundamentales: (1) El tipo de opción (compra-*call* o venta-*put*); (2) El activo subyacente o de referencia; (3) La cantidad de subyacente que permite comprar o vender el contrato de opción; (4) La fecha de vencimiento; y (5) El precio de ejercicio de la opción. Las opciones son negociadas generalmente sobre contratos de futuros o sobre acciones y tienen en general la característica de ser de tipo americano (se pueden ejercer en cualquier momento hasta la fecha de vencimiento), y de tipo europeo (solamente pueden ejercerse hasta la fecha de vencimiento); en este entendido, existen básicamente dos tipos de opciones: (1) Contratos de opción de compra (*call*); y (2) Contratos de opción de venta (*put*), observándose la existencia de cuatro estrategias elementales, como son: (1) la compra de opción de compra (*long call*); (2) La venta de opción de compra (*short call*); (3) La compra de opción de venta (*long put*); y (4) La venta de opción de venta (*short put*).

La simetría entre derechos y obligaciones que existe en los contratos de futuros, donde las dos partes se obligan a efectuar la compraventa al llegar la fecha de vencimiento, se rompe en las opciones, puesto que una de las partes (posición de compra de la opción) tiene el derecho, mas no la obligación de comprar (*call*) o vender (*put*), mientras que el vendedor de la opción solamente tiene la obligación de vender (*call*) o de comprar (*put*). Dicha diferencia de derechos y obligaciones genera la existencia de la prima. La prima es la cantidad de dinero que el comprador de una opción paga por adquirir el derecho de compra (opción *call*) o de venta (opción *put*); a su vez, esta misma cantidad de dinero (prima) es la que recibe el vendedor de la opción, obligándole en caso de ejercicio a vender (en el caso de una opción *Call*) o comprar (para una opción *put*) las acciones al precio fijado (precio de ejercicio). El ejercicio de una opción *call* genera una posición de compra del subyacente para el poseedor de la opción de compra y una posición de venta para el vendedor de la opción. El ejercicio de una opción *put*, en cambio, genera una posición de venta del subyacente para el tenedor del *put* y una posición de compra para el vendedor del *put*. Por tanto, para cada opción ejercida se genera una posición abierta en el subyacente.

En referencia a las opciones la comparación entre el precio de ejercicio y la cotización del activo subyacente se utiliza para determinar la situación de la opción y su conveniencia de ejercerla o dejarla expirar sin ejercer el derecho otorgado por la compra de la opción. Dependiendo del precio de ejercicio y del precio del subyacente (cotización de las acciones) en cada momento, se pueden clasificar las opciones como aquellas que se encuentran: (1) Dentro del *dinero* (en inglés, *in-the-money*); (2) *En el dinero* (en inglés *at-the-money*); y (3) *O fuera del dinero* (en inglés *out-of-the-money*). Por tanto, se dice que una opción se encuentra dentro del dinero si, ejerciéndola inmediatamente, obtenemos el beneficio. Se dice que una opción está fuera del dinero si, ejerciéndola inmediatamente, no se obtiene el beneficio esperado. Se dice que una opción está en el dinero cuando se encuentra en la frontera del beneficio y la pérdida.

Una opción *call* está *in the money* si el precio de ejercicio es inferior a la cotización del subyacente, mientras que una opción *put* está *in the money* cuando el precio de

ejercicio es superior a la cotización del subyacente. De manera análoga una opción está *out of the money* cuando se da la situación contraria a la descrita para las opciones *in the money*, con la excepción de las opciones que están *at the money* y esto sólo sucede cuando precio de ejercicio y precio del subyacente coinciden. Según esta clasificación se tiene que una opción *Call* estará: (1) *Dentro del dinero* si su precio de ejercicio es menor que el precio de la acción; (2) *Fuera del dinero* si su precio de ejercicio es mayor que el precio de la acción; y (3) *En el dinero* si su precio de ejercicio es igual o muy cercano al precio de la acción. Igualmente, una Opción *Put* estará (1) *Dentro del dinero* si su precio de ejercicio es mayor que el precio de la acción; (2) *Fuera del dinero* si su precio de ejercicio es menor que el precio de la acción; y (3) *En el dinero* si su precio de ejercicio es igual o muy cercano al precio de la acción.

2.1.2. Teoría neoclásica: enfoque de Dixit *et al*, (1994)

Ante lo anterior, puede preguntarse: ¿Cómo debería una organización, de cara a la incertidumbre del entorno y sobre la incertidumbre del futuro de las condiciones del mercado, realizar una inversión sobre una nueva tecnología? Muchos de los especialistas podrían utilizar una simple regla o metodología para la resolución de dicho problema. Es decir: Primero, se calcula el *Valor Presente Neto* (VPN) de los flujos de efectivo de los beneficios esperados que se podrían generar de la inversión. Segundo, calcular el *Valor Presente Neto* de las erogaciones requeridas para la inversión del proyecto. Y finalmente, determinar la diferencia entre los dos valores calculados anteriormente, si la diferencia es mayor que cero, entonces el proyecto es viable. Por supuesto, a raíz de lo anterior surgen ciertas inquietudes. ¿Cómo pueden estimarse el flujo de efectivo correspondiente a los beneficios esperados? ¿Cómo puede estimarse e incorporarse la inflación dentro de la evaluación? y ¿Qué tasa de descuento se utilizaría en el cálculo del *VPN*? Dichos tópicos resultan de gran importancia dentro de la presupuestación financiera, y aunque el principio es bastante simple: calcular el *VPN* de inversión de determinado proyecto y determinar si éste es positivo o negativo.

La regla del *Valor Presente Neto* constituye una de las bases de la teoría neoclásica, en lo que a evaluación e inversión se refiere. La regla del *VPN* se encuentra basada

en algunas asunciones implícitas las cuales a menudo son pasadas por alto. Dichas asunciones (entre las más importantes) establecen que la inversión es reversible si: (a) Las condiciones del mercado no resultan ser tan adecuadas como se había esperado, (b) La inversión no presenta réditos futuros aceptables en el transcurso del tiempo. Sin embargo, algunas inversiones siguen dicho patrón, pero otras no. La irreversibilidad y la posibilidad del retraso de la inversión son características importantes dentro de la mayoría proyectos de inversión en la realidad.

El retraso de una inversión, afecta en forma determinante la decisión de invertir en determinado proyecto. Dicha opción de retraso no puede ser estimada mediante la teoría neoclásica. Pero en otro sentido, se puede cuestionar que pasaría si la empresa tuviera o pudiera invertir en una opción de forma análoga a una opción financiera (*call*), en la cual se tiene el derecho pero no la obligación de comprar cierto activo futuro (se puede decidir si se ejerce o no la opción de compra). Cuando una organización realiza la inversión, ésta puede ejercer la opción o aguardar hasta que se incorpore nueva información que permita vislumbrar la viabilidad de la inversión a largo plazo, y entonces, sólo hasta entonces decidir el ejercicio o no de la opción de inversión (la pérdida de dicha opción es un costo de oportunidad que debe incluirse dentro del costo de inversión).

Como regla dentro de la teoría neoclásica (*Valor Presente Neto*) para que la inversión sea viable, el valor de cada unidad de capital debe ser igual o mayor al costo de la inversión, para que el proyecto sea redituable. Pero si se incorpora un enfoque de opcionalidad dentro del proyecto de inversión, la regla anterior puede ser modificada, es decir el valor de cada unidad de capital puede exceder el valor de la inversión mediante una cantidad igual al valor de mantener la opción activa. En otras palabras, mediante el uso de una analogía (de una opción futura) un proyecto puede ser viable bajo ciertas circunstancias o situaciones, lo que permite una mayor flexibilidad a la organización dentro de la operación y ejercicio de los recursos a la corporación.

El costo de oportunidad, ya mencionado (dentro de la inversión puede ser de gran relevancia durante el proceso de toma de decisiones), el cual ha sido ignorado

dentro de la teoría tradicional. Así mismo, dicho costo resulta ser sensible de forma importante a la incertidumbre sobre el valor futuro del proyecto, esto es debido a que a través del tiempo las condiciones económicas que giran alrededor del proyecto se encuentran en continuo cambio, lo cual produce una afección en el riesgo percibido y en las predicciones sobre los flujos de efectivo esperados, así como el valor de la tasa de descuento utilizada para la evaluación de la inversión. Es decir, dentro de la teoría neoclásica, ¿Cómo se puede evaluar la opción de invertir ahora, o de invertir en un momento posterior cuando las condiciones del mercado cambien favorablemente? ¿En cuánto tiempo se recuperaría la inversión? ¿Qué condiciones tendrían que presentarse que pudieran hacer factible la inversión? ¿Cuál es el costo de dicha inversión a través del tiempo, considerando el tiempo de forma estocástica? Los conceptos vertidos anteriormente pueden ejemplificarse de forma sencilla mediante un ejemplo práctico como el presentado y desarrollado por Dixit *et al*, en 1994, el cual se muestra a continuación, parcialmente adaptado para fines ilustrativos.

Supóngase que existe una compañía que actualmente se encuentra en una disyuntiva, invertir o no en una fábrica de bisutería. La inversión es completamente irreversible, y la fábrica solamente se puede utilizar para la fabricación de bisutería, y si el mercado para el tipo clase de bisutería desaparece, la compañía no puede desinvertir para recuperar la inversión. Se asumirá que la fábrica se puede construir instantáneamente a un costo I , además solamente se puede producir un lote de bisutería al año de forma permanente, sin costos operativos. Suponiendo que el precio actual de dicho lote de bisutería es de \$200.00 dólares (ver Figura 2.1), pero el precio de dicho lote el próximo año podría cambiar. La compañía posee información en donde se infiere que se podría esperar con una probabilidad q que el precio del lote pueda alcanzar un precio de \$300.00 dólares y con una probabilidad de $(1 - q)$ que el precio caiga hasta los \$100.00 dólares y podría ser que dicho precio se pudiera mantener por un tiempo indeterminado o por siempre.

Ahora bien, si se mantiene en mente dichas suposiciones se puede asumir que el riesgo a través del tiempo (a futuro) que el precio del lote de bisutería es totalmente diversificable. La tasa libre de riesgo utilizada dentro de las proyecciones de la

compañía es del 10%. El costo de la inversión en este momento es de \$1,600.00 dólares y $q = 0.5$ (más adelante se observará cómo la descripción de la inversión depende de I y q).

Una vez establecidos los valores de la inversión y de la probabilidad, ¿Podría afirmarse si dicho negocio resulta ser una inversión adecuada o no? ¿Podría la firma invertir ahora o sería mejor esperar hasta dentro de un año y observar si el precio se incrementa o cae por debajo de los \$200.00 dólares? Ahora bien, para responder las preguntas anteriores se debe calcular el *Valor Presente Neto* de la forma tradicional.

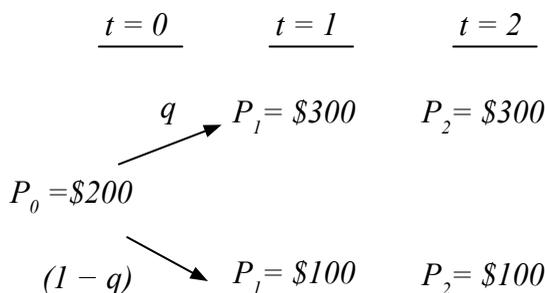


Figura 2.1.
Precio de los lotes de bisutería a través del tiempo

Fuente: adaptado de Dixit *et al*, 1994.

Por consiguiente se tiene que:

$$NVP = -1600 + \sum_{t=0}^{\infty} \frac{200}{(1.1)^t} = -1600 + 2200 = \$600$$

Entonces, el valor actual de la fábrica de bisutería el cual se ha denotado como V_0 es igual a \$2,200.00 dólares, el cual excede el costo de la inversión (\$1,600.00), de lo que se concluye que dicho proyecto de inversión es factible de realizarse ($VPN > 0$).

La conclusión anterior resulta incorrecta, esto es debido a que los cálculos anteriores ignoran el *costo de oportunidad* de invertir el día de hoy o de mantener la posibilidad

abierta de no invertir si el precio de la bisutería cae por debajo del precio actual (\$200.00). Con el objeto de observar lo anterior, ahora calcularemos el VPN por segunda vez asumiendo que en vez, de invertir el día de hoy, la inversión se pospondrá hasta el año siguiente, solamente si el precio del lote es mayor al del actual.

$$NVP = -0.5 \left[-\frac{1600}{1.1} + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{300}{(1.1)^t} \right] = \frac{850}{1.1} = \$773$$

Nótese que en el año cero no existen ni inversión ni beneficios esperados. En el año 1, los \$1,600 dólares se invierten solamente si el precio de la bisutería es de \$300 dólares (lo cual puede suceder con una probabilidad del 50%); si se invierte en la fábrica el día de hoy y bajo los supuestos anteriores se obtienen \$773 dólares, la cual es una cantidad mayor a los \$600 dólares (obtenidos en la estimación anterior); por lo tanto, bajo estas condiciones resulta más conveniente esperar un año para realizar la inversión.

Si se eligiera el invertir ahora o no invertir nunca, probablemente se invertiría el día de hoy; pero no existe la opción de invertir hasta dentro de un año utilizando la metodología del *Valor Presente Neto*. La compañía podría invertir ahora, solamente si ésta pudiera desinvertir y recuperar la inversión; pero en la realidad las cosas no se comportan de dicha manera. Es por ello que se debe valorar de igual forma, tanto la irreversibilidad y la capacidad o habilidad de invertir a futuro, como la alternativa de invertir en el momento actual.

Pero la compañía se podría preguntar ¿Cuál es el valor de la flexibilidad de la opción de invertir el próximo año, en el momento actual (o nunca)? El valor de la flexibilidad de la opción es de cierta forma sencilla de calcular y dicho valor está dado por: \$773 – \$600 = \$173 dólares. En otras palabras, la compañía estaría dispuesta a pagar \$173 dólares más por una oportunidad flexible por otra, una que solamente permite realizar una inversión el día de hoy.

Otra forma de ver las cosas sería preguntarse ¿Qué tanto estaría dispuesta a invertir la empresa toda vez que acepte una opción de inversión flexible en vez de una

opción rígida ahora o nunca? Para responder esta pregunta se puede calcular el costo de inversión I denotado por \bar{I} que hace que el VPN del proyecto sea el mismo que cuando se invierte el día de hoy, es decir:

$$NVP = (0.5) \left[-\frac{\bar{i}}{1.1} + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{300}{(1.1)^t} \right] = \$600$$

Resolviendo la ecuación anterior, se encuentra que el valor de $\bar{I} = \$1,980$ dólares. Es decir, que la oportunidad de construir la fábrica el día de hoy y solamente el día de hoy a un costo de \$1,600 dólares, tiene el mismo costo de oportunidad si se construye la fábrica al año siguiente con un costo de inversión de \$1,980 dólares.

La oportunidad de inversión de dicha empresa es análoga a una opción *call* sobre una opción común. Dicha opción da el derecho (más no la obligación) de realizar la inversión (ejercicio de la opción) del proyecto, cuyo valor fluctúa de manera estocástica. De lo anterior se desprende que resulta más conveniente invertir el siguiente año que ejercer la opción el día de hoy, bajo ciertas circunstancias, es decir, si el precio de la bisutería alcanza un precio mayor a los \$200 dólares $\sum_{t=1}^{\infty} 300 / (1.1)^t$ se ejerce la opción; en caso contrario $\sum_{t=1}^{\infty} 100 / (1.1)^t$ la opción no se ejerce.

Así mismo, se encontró el valor del costo de oportunidad de la inversión. Se denorará F_0 como el valor de la oportunidad de inversión al día de hoy, y denotaremos F_1 como el valor de la oportunidad de invertir el año siguiente Cabe señalar que F_1 es una variable aleatoria que depende del precio de la bisutería a través del tiempo. Si el precio de ejercicio es de \$300 dólares, entonces el precio de F_1 es igual a $\sum_{t=1}^{\infty} 300 / (1.1)^t - 1600 = 1700$; por otro lado si el precio de la opción cae por debajo de los \$ 200 dólares (\$100), la opción no se ejerce, y en ese caso el valor de F_1 es igual a 0. Entonces el problema es encontrar el valor de F_0 al día de hoy.

Para la resolución de dicho problema se creará un portafolio con dos componentes: la oportunidad e inversión en sí misma, y un cierto número de lotes de bisutería. Dichos lotes se incorporarán para la integración de un portafolio de inversión libre

de riesgo, con el objeto de que el valor de la inversión para el año próximo sea independiente de las fluctuaciones del precio de la bisutería. A partir del portafolio libre de riesgo se sabe que la tasa de retorno que se puede obtener, es la tasa de interés libre de riesgo antes establecida 10%. Si el valor de retorno del portafolio fuera mayor que los rendimientos obtenidos mediante la tasa de interés libre de riesgo dentro de un mercado arbitrado, se podrían obtener retornos ilimitados mediante la obtención de préstamos y la compra del portafolio de inversión. Si por otro lado, los retornos del portafolio fueran menores que la tasa de interés libre de riesgo, dentro de un mercado arbitrado se pueden obtener ganancias mediante la venta del portafolio e invertir los fondos a una tasa de interés libre de riesgo (antes establecida). Una vez que los retornos del portafolio de inversión son igualados a la tasa de interés libre de riesgo, es posible calcular el valor actual de la oportunidad de inversión.

Específicamente se debe de considerar el portafolio en el cual se sustenta la oportunidad de inversión, y la venta de los lotes de bisutería. El valor actual del portafolio es igual a $\Phi_0 = F_0 - nP_0 = F_0 - 200n$. El valor del portafolio para el año siguiente es $\Phi_1 = F_1 - nP_1$ el cual depende de P_1 . Si P_1 toma el valor de \$300, entonces $F_1 = \$700$, obteniendo como resultado: $\Phi_1 = 1700 - 300n$. Si por el contrario, P_1 toma el valor de \$100, entonces $F_1 = \$700$, y por lo tanto $\Phi_1 = -100n$. Como paso siguiente se selecciona una cantidad de lotes (n) de tal forma que dentro del portafolio libre de riesgo, el valor de Φ_1 sea un valor independiente del precio del lote de bisutería, es decir: $-100n = 1700 - 300n$.

Mediante la presunción anterior se tendría que $n = 8.5$, y en este sentido $\Phi_1 = -850$, ya sea que el precio de la bisutería suba o caiga del precio establecido. Si se calculan los retornos de dicho portafolio, el retorno es el capital obtenido (ganancia) derivado de: $\Phi_1 - \Phi_2$, menos el pago que se debe de hacer por mantener una posición corta del *call*. Dentro del proyecto de inversión cabe destacar que ningún inversor adoptaría una posición larga si los rendimientos esperados fueran igual 0; a sí mismo los inversionistas no esperan obtener al menos un 10% sobre el capital, es decir $0.1 P_0 = \$20$ dólares por lote por año.

Dentro del portafolio se debe esperar producir al menos 8.5 ($20 \times 8.5 = 170$) lotes para obtener la misma ganancia independientemente del precio del lote. Entonces, el retorno obtenido por mantener dicho portafolio a través del año es igual a:

$$\begin{aligned}\Phi_1 - \Phi_0 - 170 &= \Phi_1 - (F - n P_0) - 170 \\ &= -850 - F_0 + 1700 - 170 \\ &= 680 - F_0\end{aligned}$$

Como dicho retorno es libre de riesgo, éste se debe igualar a los rendimientos obtenidos mediante la tasa libre de riesgo, es decir 10%; para lo cual se tiene que el valor inicial del portafolio es igual a: $\Phi_0 = 0.1(F_0 - 1700)$, es decir que lo anterior sería $680 - F_0 = 0.1(F_0 - 1700)$ por lo que se tiene que $F_0 = \$773$; si se observa con detenimiento, dicho valor es igual al valor obtenido con anterioridad cuando se calcula el *VPN* para un precio de lote de \$300 dólares bajo la asunción que se debería de esperar un año para realizar la inversión de forma óptima.

Una vez calculado el valor de oportunidad de la inversión (\$773 dólares), el valor de invertir (de ejercer la opción) el día de hoy es igual a $= \$2,200 - \$1,600 = \$600$ dólares, pero una vez que se invierten los recursos, la opción se ejerce (y por consiguiente ésta desaparece), entonces los \$773 dólares sería el costo de oportunidad de la inversión. En conclusión, el costo total de invertir el día de hoy es de: $\$1,600 + \$773 = \$2,373 > \$2,200$, por lo tanto es mejor esperar y mantener la opción, que invertir el día de hoy.

2.2. Opciones reales

Para la sobrevivencia de las corporaciones se requiere de una presupuestación efectiva del capital. Durante el proceso de presupuestación los miembros de los consejos administrativos efectúan ciertas decisiones que comprometen los recursos y el desarrollo de la empresa, en las cuales se ve implicado no sólo el capital sino también el trabajo de la organización. En las formas tradicionales de presupuestación de capital se utiliza el flujo ajustado de dinero (*Discounted Cash Flow, DCF*) y algunos otros métodos para tal fin. En la actualidad existen algunos estudios que

muestran el incremento de la utilización de prácticas y sistemas sofisticados de presupuestación, en un amplio contexto, en donde el método del *DCF* ha dejado de ser exclusivo para el cálculo y el análisis de la incertidumbre financiera (Miller *et al*, 2003 y Chatterjee *et al*, 2003), ya que en la realidad dicho análisis resulta ser lineal y estático por naturaleza (Duku-Kaakyire *et al*, 2004) y asume que si las oportunidades de inversión no son totalmente reversibles, entonces no hay oportunidad de inversión. De la misma forma dentro del *valor presente neto (VPN)* subyace la misma filosofía, en la que un proyecto resulta ser factible cuando la organización puede explotar una ventaja competitiva temporalmente en ausencia de arbitraje o que éste resulte ser neutral al riesgo (Pinches *et al*, 1997).

Sin embargo, dentro de la presupuestación del capital el concepto fundamental de la flexibilidad de la administración o la proyección activa de la administración ha estado siendo aceptada y llevándose a la práctica por algunas organizaciones. En la actualidad se requieren herramientas flexibles y mucho más eficientes para la obtención de un marco de referencia en lo que a presupuestación se refiere, que además coadyuven al incremento de la eficiencia corporativa y la factibilidad de sobrevivencia a largo plazo en un mercado global y competitivo. La adopción de una nueva tecnología requiere de una adecuada justificación en su fase de implementación, así como de los posibles beneficios tangibles e intangibles que se pudieran alcanzar o generar. El modelo utilizado para el desarrollo de Valor Presente Neto (*VPN*) resulta ser muy comprensivo en la práctica y requiere de que los beneficios estratégicos sean identificados y cuantificados al inicio de cada etapa de inversión en el proceso de selección de alternativas, con la desventaja de que algunas opciones posibles podrían quedar latentes dentro del portafolio de opciones, sin tomar en cuenta que el valor estratégico a través del tiempo pudiera cambiar, dando como resultado que éste se destruya o se cree durante la implementación (MacDougall *et al*, 2003).

En resumen, las herramientas tradicionales de valuación de proyectos (*TIR*, *DCF*, *VPN*, etc) son incapaces de valorar de una forma adecuada las inversiones en activos intangibles como el conocimiento, debido a su incapacidad de evaluación y decisión en situaciones de gran incertidumbre y del establecimiento de opciones iniciales de inversión (Coff *et al*, 2001).

Dentro de las compañías en donde la actividad primordial es exclusivamente la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías, cada vez se enfrentan con problemas mucho más complejos, y esto es debido a la dificultad de valuación de portafolios apropiados en lo referente a los proyectos de investigación e innovación tecnológica. Los métodos tradicionales de presupuestación de capital resultan inoperantes dentro de este campo de inversión, debido a que dichas técnicas son utilizadas para la evaluación de proyectos a corto plazo en mercados con una relativa certidumbre a largo plazo. En este campo (*R&D*) las organizaciones toman y aceptan los riesgos para lograr su sobrevivencia a largo plazo. Los costos del desarrollo de nuevos productos en mercados de gran incertidumbre resultan ser bajos, en comparación con la inversión y los costos en que se debe de incurrir para su introducción al mercado global, regional y/o local. Dichos proyectos de investigación y desarrollo *R&D*, se caracterizan por estar inmersos en horizontes de planeación a largo plazo con un alto grado de incertidumbre, en donde el valor de la flexibilidad administrativa puede ser vital (Pennings *et al*, 1997).

Dentro de este marco, desde hace algún tiempo se han utilizado herramientas financieras que de alguna forma pueden establecer cierta flexibilidad en la proyección mediante el uso de un horizonte mucho más amplio que los métodos actuales. De esta forma Brealey *et al* (1994) no titubean en aseverar que “las opciones reales permiten a los administradores agregar cierto valor a la firma, actuando de forma importante en la amplificación de los bienes de capital o mitigando las pérdidas en los mercados de operación”. Cuando se utilizan las técnicas de evaluación de proyectos actuales (*VPN, DCF, etc*), éstas son capaces de administrar decisiones de espera de la inversión revisando adecuadamente la estrategia de operación inicial (Lander *et al*, 1998). Por lo tanto, el cálculo del valor de las decisiones de la administración no es simplemente el agregar o descontar cierto flujo de efectivo, sino que se deben establecer ciertas políticas estratégicas de inversión, así como el desarrollo de futuras oportunidades de entrada o salida de proyectos, expansión de la inversión, contracción de la producción, abandono del proyecto, las cuales a final de cuentas, resultan ser meramente oportunidades u opciones dentro de la estrategia corporativa. Es por lo anterior que algunos autores consideran qué tiempo óptimo de la adopción tecnológica puede ser representado mediante un modelo de

irreversibilidad en cuanto a lo que en inversión se refiere, en donde el *VPN* resulta ser una posibilidad subóptima (Doraszelsky, 2001).

El punto central en utilización y empleo de las opciones reales dentro de la toma de decisiones de proyectos de inversión, es el reconocimiento de los conceptos y aproximaciones utilizadas para la valuación de activos financieros que pueden ser aplicados en la valuación estratégica de oportunidades para diferentes opciones de negocio dentro de las organizaciones. Por lo tanto, existen situaciones (complejas) adicionales a las existentes para la utilización de las opciones reales, las cuales generalmente no se presentan dentro de las opciones financieras tradicionales para la valuación de activos. Las opciones reales utilizadas por las corporaciones, generalmente, suelen ser un poco más complejas que las opciones financieras. Esto ocurre especialmente en áreas en donde existe una gran cantidad de estrategias interrelacionadas a través del tiempo dentro de un mismo proyecto de capital. Es en este contexto en donde las opciones financieras comúnmente utilizadas para la valuación de activos muestran la incapacidad de valorar múltiples opciones dentro de las opciones reales para los proyectos de inversión de capital (Lander *et al*, 1998), y esto es debido lo siguiente:

- 1) Generalmente, los propietarios (holders) de las opciones reales como tal no son exclusivos de una sola entidad (más de una organización pueden poseer o desarrollar opciones reales). Lo anterior resulta en la creación de un problema debido, a la interacción competitiva, ya que el valor de la opción real depende en parte o totalmente (en una situación extrema) a las acciones de otras firmas u organizaciones.

En consecuencia, el valor de muchas opciones reales es determinado por la opción, lo cual permite una valoración de las posibilidades de la implementación de dicha opción, dentro del segmento del mercado en donde se desarrollan las inversiones.

- 2) El activo subyacente (a excepción de algunos recursos naturales) no es comercializado en muchas situaciones dentro de las opciones financieras. Y

aún si el activo subyacente es comercializado, dicha acción se realiza dentro de mercados imperfectos, los cuales no son sujetos de análisis por parte de las opciones de valuación financiera y presupuestación de activos y de capital tradicionales.

La incertidumbre puede ser definida, entonces, como el espacio entre la información actual disponible y la información requerida necesaria para la toma de decisiones. Generalmente, dentro de la presupuestación financiera existe una condición de incertidumbre en lo referente a los capitales de inversión, ya que esto implica cierta incertidumbre en el espacio de posibles resultados que ponen en juego la sobrevivencia de la organización a largo plazo el instante de la toma de la decisión. La presupuestación de capital, así mismo, se puede definir como los métodos y técnicas para valuar y seleccionar un proyecto de inversión. Dichas metodologías permiten a los inversionistas la selección de n posibles opciones de un total de N posibilidades existentes que posean un grado aceptable de riesgo. Dichas técnicas permiten considerar de una forma sistemática algunos aspectos de riesgo no contemplados por las técnicas clásicas como el Valor Presente Neto (*VPN*) o la Tasa Interna de Retorno (Verbeeten, 2006). Trasferir el riesgo de inversión no significa eliminarlo (Buehler *et al*, 2008) en la Figura 2.1 se observa la evolución de las metodologías para la administración de riesgos, en donde la incertidumbre juega un papel fundamental para la valuación de estrategias a través del tiempo, en un tiempo determinado t .

Estudios teóricos dentro del campo financiero (Dixit *et al*, 1994; Trigeorgis, 1996) indican que los métodos tradicionales de presupuestación son incapaces de incorporar la información necesaria para una valuación más extensa de las opciones de inversión dentro de una organización. Opciones como la de posponer la expansión, la expansión por etapas o mediante una secuencia dada, la asociación de entradas y salidas, el abandono de una opción de inversión y las interacciones estratégicas con respecto a las preferencias de inversión (ganancias), son algunas de las consideraciones no contempladas dentro de teoría clásica.

2.2.1. Valuación financiera de proyectos de inversión y estrategias de negocio mediante la utilización de opciones reales

La metodología de evaluación mediante la utilización de opciones reales se presenta como una herramienta indispensable para la toma de decisiones en proyectos de inversión o estrategias de negocios, cuando existe la flexibilidad (opcionalidad) de tomar en el futuro nuevas decisiones relacionadas con dichos proyectos en una fecha futura, como pueden ser (1) La extensión de un proyecto o estrategia; (2) La contracción de un proyecto o estrategia; (3) La posposición de un proyecto o estrategia; (4) La corrección de un proyecto o estrategia; y (5) El abandono de un proyecto. En últimos años las aplicaciones de la metodología antes mencionada se han utilizado en diversas áreas dentro de las finanzas corporativas y en la teoría económica. En el Cuadro 2.1. se muestran algunos trabajos realizados en la literatura en diferentes áreas de aplicación en la valuación de proyectos de inversión; en el Cuadro 2.2. se muestran las opciones de evaluación de proyectos dentro de las cuales se han aplicado las opciones reales.

2.2.1.1. Valor presente neto y sus limitaciones

Mediante el criterio del Valor Presente Neto (*VPN*) un proyecto nuevo o una nueva estrategia se acepta o se rechaza hoy, si $VPN > 0$ ó $VPN < 0$, y no existe otra posibilidad. Una vez que un proyecto es aceptado con este criterio rígido, los planes de inversión no se modifican, es decir, la inversión es irreversible. Por otro lado, bajo el criterio del *VPN* no se puede valorar hoy la posibilidad de que si el entorno de negocios y el ambiente económico son favorables dentro de cinco años, un proyecto o estrategia pueda expandirse (Venegas-Martínez, 2006). Simplemente porque hoy no se sabe si en un futuro puedan existir las condiciones para adoptar tal decisión. Sin embargo, se puede plantear una opción de expansión del proyecto o estrategia, la cual se ejercerá sólo si se presentan las condiciones que favorezcan el desarrollo de dicha opción. Esta opción o flexibilidad tiene un valor hoy que debería integrarse al valor estático que proporciona el *VPN* convencional a fin de valorar, en forma adecuada, un proyecto o estrategia que contemple la flexibilidad del desarrollo o implementación de nuevas opciones (Panayi *et al*, 1998; Venegas-Martínez, 2006).

<p>1952 Mean variance Teoría moderna de portafolio. Harry Markowitz</p> <p>Esencia Los inversionistas pueden analizar el riesgo así como los retornos esperados.</p> <p>Relevancia Provee las bases para la selección de portafolios para alcanzar el nivel optimo de riesgos para un retorno dado.</p>	<p>1958 Indiferene Theory Franco Modigliani, Merton Miller</p> <p>Esencia En un mercado perfecto, el valor de la compañía es independiente de la estructura de capital de ésta.</p> <p>Relevancia Sugiere la necesidad de una eficiente estructura de capital y mitigación de riesgo a través de las inversiones y estrategias para protegerse de los riesgos derivados del mercado en cuestión.</p>	<p>Finales 1950 Principios 196 State Preference Theory Kenneth Arrow, Gérard Debreu</p> <p>Esencia Una eficiente distribución de los recursos y los riesgos, requieren un conjunto amplio de títulos, que permitan a los agentes obtener las estrategias de inversión necesarias para la mitigación del riesgo dentro del mercado.</p> <p>Relevancia La teoría subyace sobre derivados y muestra que el rol ultimo de los títulos dentro de los mercados es eficientar la forma en que se distribuyen los riesgos a través de la sociedad.</p> <p>1960 Capital asset pricing model (CAPM) William Share, et al.</p> <p>Esencia Los mercados compensan a los inversores por la aceptación del riesgo (sistemático o de mercado), en donde el riesgo idiosincrático no se descuenta, el cual es un activo individual el cual puede ser eliminado a través de la diferenciación.</p> <p>Relevancia Afecta las decisiones al respecto de inversiones y estrategias para mitigación de riesgo (responsabilidad de los inversores) y sobre la mitigación o no de riesgos específicos.</p>	<p>1973 Option Pricing Model Fisher, Black y Myron Scholes, Robert y Merton</p> <p>Esencia La volatilidad de los títulos es el factor clave en el establecimiento del precio de las opciones.</p> <p>Relevancia Permite una mayor transferencia del riesgo, mientras que en la relación con las opciones reales, las compañías pueden colocar el valor del activo en espera de mejores condiciones.</p> <p>1976 Arbitrage Pricing Theory Stephen Ross</p> <p>Esencia El precio del título es conducido por varios factores, los cuales pueden ser índices macroeconómicos y/o de mercado.</p> <p>Relevancia Permite la segmentación del CAPM o del riesgo sistemático en factores o componentes. Si los precios divergen de los retornos esperados, los inversores pueden utilizar el arbitraje para regresar a la posición inicial.</p>	<p>1977 Underinvestment problem Stewart Meyer, Clifford Smith René Stulz</p> <p>Esencia Los dueños del capital accionario son reticentes a intervenir en activos de bajo riesgo con bajos retornos, con la intención de evitar la pérdida de riqueza a manos de los holders.</p> <p>Relevancia Sugiere que hay un valor potencial para el accionista a través de una mejor administración del riesgo mediante mejores decisiones de inversión.</p> <p>1979 Binominal Option Pricing Model John Cox, Stephen Ross Mark Rubestein</p> <p>Esencia Tomando en cuenta las variaciones a través del tiempo el precio del instrumento financiero del subyacente, con lleva a una mayor exactitud para el establecimiento del precio de algunas opciones.</p> <p>Relevancia Permite ingresar a los mercados de manera más profunda con opciones de vencimiento mucho mayores y las opciones sobre títulos pagan dividendos.</p>	<p>1993 A Frame for Risk Management including hedging Kennet Froot, David Scharfstein, Jeremy Stein</p> <p>Esencia El objetivo de la administración del riesgo es que la compañía alcance y posea efectivo disponible para la inversión con miras a realizar el valor de estas.</p> <p>Relevancia Teóricamente, se basa que los directivos y tratan de administrar el riesgo mediante un conjunto estratégico de opciones.</p>
---	--	--	--	---	--

Figura 2.1. La evolución de la administración del riesgo

Fuente: Adaptado parcialmente de: Buehler *et al*, 2008.

Cuadro 2.1. Opciones reales: tópicos y áreas de aplicación

Área o Tópico	Referencia
Recursos naturales	Tourinho (1979), Brennan and Swrwartz (1985a, 1985b), Siegel ,Smith and Paddock (1987), Paddock, Siegel, and Smith (1988), Mork, Schwartz, and Stangeland (1989), Trigeorgis (1990), Kemna (1993), Pickles and Smith (1993), Epstein (1996), Leslie and Michaels (1997), Schwartz (1997, 1998), Smit (1997), Smith and McCardle (1997, 1998), Laughton (1998), Tufano (1998).
Competitividad y estrategias corporativas	Baldwin (1982, 1989, 1991), Gilbert (1989), Kogut (1991), Trigeorgis (1991a, 1996), Baldwin and Clark (1992, 1994, 1996), Kulatilaka and Perotti (1992), McGahan (1993), Smit and Ankum (1993), Smit and Trigeorgis (1995), Grenadier and Weiss (1997), McGrath (1997), Farzin, Huisman, and Kort (1998).
Manufactura	Kulatilaka (1984, 1988), Kaplan (1986). Aggarwal (1991), He and Pindyck (1992) (1992), Baldwin and Clark (1994, 1996), Kamrad and Ernst (1995), Mauer and Ott (1995). Lefley (1996).
Bienes estatales, tierras.	Stulz and Johnson (1985), Titman (1985), Gilbert0 and Ling (1989), Capozza and Sick (1991, 1994). Williams (1991, 1993, 1996). Quigg (1993, 1995). Capozza and Li (1994), Grenadier (1995, 1996), Childs, Riddiough, and Triantis (1996), Sirmans (1997).
Internacional	Baldwin (1987), Dixit (1989a, 1989b), Mahajan (1990), Kogut and Kulatilaka (1994), Sercu and Upp.al (1994, 1995), Bell (1995), Buckley and Tse (1996), Sansing (1996), Capel (1997), Schich (1997), Buckley (1998).
R&D	Morris, Teisberg, and Kolbe (1991), Newton and Pearson (1994). Childs, Ott, and Triantis (1995), Faulkner (1996), Ott and Thompson (1996), Pennings and Lint (1997).
Regulación de firmas	Mason and Baldwin (1988). Teisberg (1990, 1993, 1994). Edleson and Reinhardt (1995).
M&A and corporate governance	Hathaway (1990), Smith and Triantis (1994, 1995), Hiraki (1995), Vila and Schary (1995), Ikenberry and Vermaelen (1996).
Tasas de interés	Ingersoll and Ross (1992), Ross (1995), Lee (1997).
Inventarios	Chung (1990), Stowe and Gehr (1991), Stowe and Su (1997).
Fuerza laboral	Kandel and Pearson (1995).
Riesgo de capital	Sahlman (1993), Willner (1995), Gompers (1995).
Publicidad	Epstein, Mayor, Schonbucher, Whalley, and Wilmott (1998).
Efectos de “Hysteresis” Y comportamientos organizacionles	Pindyck (1991), Dixit and Pindyck (1994).
Acceso y conservación ambiental	Purvis, Boggess, Moss, and Hoh (1995), Wiebe, Tegene, and Kuhn (1997).

Fuente: Adaptado de Lander y Pinches, 1998.

Cuadro 2.2. Tipo de opciones reales

Tipo de opción real	Referencia
Posposición	Tourhino (1979), Bernanke (1983), Titman (1985), McDonald and Siegel (1986), Trigeorgis and Mason (1987), Lee (1988), Paddock, Siegel, and Smith (1988), Pindyck (1991), Ingersoll and Ross (1992), Kester (1993), Dixit and Pindyck, (1994), Kulatilaka and Trigeorgis (1994), Edleson and Reinhardt (1995), Kulatilaka (1995), Purvis, Boggess, Moss, and Holt (1995), Quigg (1995), Lee (1997), McGrath (1997), Farzin, Huisman, and Kort (1998), Laughton (1998), McDonald (1998.)
Abandono	Bonnini (1977), Kessinger (1980, 1987), Hobe and McCabe (1983), McCabe and Sanderson (1984), McDonald and Siegel (1986), Myers and Majd (1990). Schnabel (1992), Grinyer and Daing (1993), Sachdeva and Vandenberg (1993), Kulatilaka and Trigeorgis (1994), Schary (1994), Kulatilaka (1995), Vila and Schaty (1995), Berger, Ofek, and Swary (1996), Laughton (1998)
Costos asociados entradas/salidas o riesgo de activos	Margrabe (1978), Stulz 1982), Balwin and Ruback (1986), Kesinger 1987, 1988), Kulatilaka (1988, 1993, 1995), Kulatilaka and Marcus (1992), Schnabel (1992), Kulatilaka and Trigeorgis (1994). Carr (1995), Childs, Ott, and Triantis (1995), Edleson and Reinhardt (1995), Kamrad and Ernst (1995), Childs, Riddiough, and Triantis (1996), Ikenberry and Vermaelen (1996).
Cambio de escala operativa	Bernan and Schwartz (1985a, 1986b), McDonald and Siegel (1985), Trigeorgis and Mason (1987), Kulatilaka (1988, 1995), Pindyck (1988), Kogut (1991). Kulatilaka and Trigeorgis (1994), Mauer and Triantis (1994), Kamrad (1995.)
Opciones de crecimiento	Myers (1977), Kester (1984, 1983, 1986), Pindick (1988), trigeorgis (1988), Brealey and Myers (1991), Chung and Charoenwong (1991), Kulatilaka (1995), Smith and Triantis (1995), Willner (1995), Berk, Green, and Naik (1998).
Inversión estratégica	Magee (1964), baldwing (1982), Hodder and Riggs (1985), Majd and Pindyck (1987), Trigeorgis and Mason (1987), Carr (1988), Trigeorgis (1991b), Kester (1993), Sahlman (1993), Teisberg (1993), Trigeorgis (1993a), Kulatilaka and Trigeorgis (1994), Kulatilaka (1995), Ott and Thompson (1996). Smit (1997), Bar-Ilan and Strange (1998).

Fuente: Adaptado de Lander *et al*, 1998.

Como consecuencia de lo anterior un proyecto con un *Valor Presente Neto* < 0 , podría incluso ser aceptado si existe la posibilidad de extenderlo, posponerlo, enmendarlo, etc., en tal caso dicha flexibilidad u opcionalidad, de tomar en un futuro una nueva decisión, tiene en un futuro un valor presente c ; es decir $\overline{VPN} = VPN + c$, entonces aunque $VPN < 0$, si $\overline{VPN} = VPN + c > 0$ la viabilidad de extender o implementar el proyecto o estrategia, es viable (Venegas-Martínez, 2006). Evidentemente, hay un factor de incertidumbre asociado a la volatilidad de los precios y costos de producción o de implementación o incluso de otros factores involucrados en el mercado en donde se desarrollan las operaciones de la organización, por lo que el

riesgo se considera como una constante o como una variable (Panayi *et al*, 1998; Venegas-Martínez, 2006).

Lo anterior lleva a inferir que mientras las opciones financieras tratan con activos financieros, las opciones reales tratan con activos reales como pueden ser (1) Unidades de negocio; (2) Obras e infraestructura; (3) Nuevas tecnologías, entre otros, generados a través de proyectos de inversión (Venegas-Martínez, 2006). Las opciones reales a diferencia de las opciones financieras están basadas en series históricas de tiempo que permiten estimar la incertidumbre sobre el activo subyacente (ver Cuadro 2.3). Otra de las diferencias entre las opciones financieras y las reales, radica en que el valor actual es el subyacente de la opción, mientras que en las opciones financieras el valor del subyacente es conocido, en las opciones reales el valor puede ser estocástico en el presente (del cual se derivan las ganancias o proyecciones posteriores).

Cuadro 2.3. Parámetros dentro de las opciones las reales

Parámetro	Opción real
S_t	Valor presente de los flujos esperados en t
K	Costo de inversión en T
r	Tasa de interés libre de riesgo
σ	Volatilidad de los flujos de efectivo del proyecto
$T - t$	Tiempo en que la oportunidad de invertir desaparece

Fuente: Venegas-Martínez, 2006.

Sin embargo, la incertidumbre en la estimación del valor del subyacente no cambiará el valor de la opción en el presente, ni tampoco la regla de inversión en la maduración de la opción, siendo lo anterior resultado directo de la irreversibilidad de la inversión. Cuando la opción se encuentra dentro del flujo de efectivo en el tiempo de maduración, la regla es invertir; pero cuando el valor del subyacente resulta ser de naturaleza estocástica, la opción podría estar fuera de toda consideración de inversión después de que el producto o el servicio ha sido introducido.

No obstante, el valor del subyacente es un estimador neutral, por lo que el valor

esperado como resultado del valor del proyecto es igual al valor estimado del subyacente. Es por ello que la regla de inversión en la maduración de la opción depende del valor del subyacente, siendo irrelevante lo que pudiera ocurrir alrededor de éste; en otras palabras, el error de estimación en el valor del subyacente no afecta el valor de la opción cuando esta es asumida con un valor igual a cero (Pennings *et al*, 1997).

Finalmente, se puede decir que las opciones reales, en general, pueden mejorar la capacidad del proceso de la toma de decisiones concernientes a la inversión de activos dentro del mercado en donde se desarrollan las actividades de la organización, por las siguientes razones:

- a) Aunque están basadas en una teoría sólida, resultan ser herramientas flexibles para la toma de decisiones.
- b) Son utilizadas en modelos para la valuación de diferentes tipos de negocios, y en algunos casos son modelos sencillos que arrojan valores razonables en oportunidades complejas de inversión.
- c) En la simulación de las opciones reales se toman en cuenta: el valor, a administración activa del proyecto, la dependencia del tiempo, interacciones e interdependencias propias del proyecto y la interacción de las opciones.
- d) Permiten utilizar probabilidades de riesgo en la inversión.
- e) Introducen asimetrías dentro de la distribución en los valores de oportunidad de la inversión.
- f) Muestran de forma explícita los factores que afectan e intervienen en la valuación de la(s) opción(es).
- g) La valuación permite obtener resultados y valores consistentes en condiciones reales de operación.

2.2.2. Diferentes tipos de opciones reales

Para la valuación de proyectos de inversión de capital (mediante la consideración de diversas variables y escenarios) se pueden utilizar diversas clases de opciones reales existentes dentro de la literatura (Lander *et al*, 1998; Venegas-Martínez, 2006).

2.2.2.1. Opciones reales para la posposición de proyectos

Supóngase que una empresa decide invertir una cantidad $I_0 = M$ en un proyecto hoy, $T = 0$, o posponerlo hasta el último año, $t = I$. Supóngase que una vez tomada la decisión de la inversión, esta es irreversible, lo que significa que el valor de recuperación es cero. El costo de producción del bien es N , $N > I$. De igual forma se supone que el precio del bien que puede tomar en el mercado, en cualquier tiempo $T = 0, 1, 2, \dots$, los valores de $N + I$ y $N - I$, con probabilidades q y $1 - q$ respectivamente. De esta manera el valor esperado está dado por:

$$f = q(N + I) + (1 - q)(N - I) = 2q + N - I \quad (1)$$

Se supone ahora que la primera unidad del producto es vendida en $t = 0$ y que el costo de capital es δ . Como primer paso se calcula el VPN del proyecto, para ello, por simplicidad, los flujos de efectivo esperados f , se descuentan del capital y se resta la inversión inicial $I_0 = M$, esto es:

$$VPN = -I_0 + \sum_{t=0}^{\infty} \frac{2q + N - I}{(1 + \delta)^t} \quad (2)$$

$$VPN = -M + (q + N - I) \left(\frac{\delta + I}{\delta} \right) \quad (3)$$

Considere ahora la opción de posponer la inversión hasta $t = I$, en este caso el valor presente neto de esta alternativa es:

$$\overline{VPN} = q \max \left(\frac{-M}{1 + \delta} + \sum_{t=I}^{\infty} \frac{N + I}{(1 + \delta)^t}, 0 \right) + (1 - q) \max \left(\frac{-M}{1 + \delta} + \sum_{t=I}^{\infty} \frac{N + I}{(1 + \delta)^t}, 0 \right) \quad (4)$$

$$\overline{VPN} = q \max \left(\frac{-M}{I + \delta} + \frac{N + I}{\delta}, 0 \right) + (1 - q) \max \left(\frac{-M}{I + \delta} + \frac{N + I}{\delta}, 0 \right) \quad (5)$$

Se observa que las sumatorias en \overline{VPN} comienzan en $t = I$, ya que la inversión se pospone hasta esa fecha. Si se supone que

$$N - I < M \left(\frac{\delta}{I + \delta} \right) < N + I \quad (6)$$

$$\therefore \overline{VPN} = q \left(\frac{N + I}{\delta} + \frac{M}{I + \delta} \right) \quad (7)$$

Si en $t = I$, el precio aumenta $N + I$, el valor presente de los flujos de efectivo es $(N + I)(\delta + I)/\delta$, lo cual supera la inversión inicial, mientras que el valor presente de los flujos de efectivo cuando el precio disminuye a $N - I$ es $(N - I)(\delta + I)/\delta$, esta cantidad es menor que la inversión a realizar. Si se selecciona el valor obvio de N que es consistente con (6).

$$N = M \left(\frac{\delta}{\delta + I} \right) \quad (8)$$

Se tiene que:

$$\therefore \overline{VPN} = q \left(\frac{N + I}{\delta} + \frac{M}{I + \delta} \right) = \frac{q}{\delta} \quad (9)$$

Por otro lado se tiene (2)

$$VPN = (2q - 1) \left(\frac{\delta + I}{\delta} \right) \quad (10)$$

Cuando $0 < q < 1/2$, es igual a:

$$\overline{VPN} = \frac{q}{\delta} > 0 \text{ y } VPN < 0 \quad (11)$$

Bajo el criterio tradicional del VPN , el proyecto tiene que ser rechazado. Sin embargo

la opción de posponer la inversión hasta $t = I$ tiene un valor positivo. Observe también que cuando $q = 1/2$ se tiene que $VPN = 0$ y $\overline{VPN} = VPN + c$, donde $c = 1/2\delta$ es el valor actual, de la opción real de posponer la inversión hasta $t = I$, lo cual está de acuerdo con: $\overline{VPN} = VPN + c$.

2.2.3. Otros tipos de opciones reales

Considere un movimiento Browniano $(W_t)_{t \in [0, T]}$ definido sobre un espacio fijo de probabilidad equipado con una filtración aumentada, $(\Omega, \mathcal{F}, \mathcal{F}_{t \in [0, T]}, IP)$, se supone que el valor presente de los flujos de efectivo esperados en t , S_t , es conducido por:

$$dS_t = \mu(S_t, t)dt + \sigma(S_t, t)dW_t \quad (12)$$

Donde $\sigma(S_t, t)$ y $\mu(S_t, t) > 0$ son funciones conocidas que se especificaran posteriormente.

2.2.3.1. Opción real de expansión

Una empresa podría expandir el valor presente de los flujos de efectivo esperados de un proyecto o estrategia en una proporción α , para lo cual se requiere invertir una cantidad K' en un tiempo T . esta posibilidad estratégica tiene una opción asociada con el proyecto subyacente existente. Si $(1 + \alpha)S_t - K'$ es el valor presente neto aumentado en la proporción α menos el costo de la inversión adicional K' al tiempo T , el valor intrínseco de esta opción está dado por:

$$\begin{aligned} C_e(S_t, T; \alpha, K') &= \max (1 + \alpha)S_t - K', S_t) \\ &= S_t + \max (\alpha S_t - K', 0) \\ &= S_t + \alpha \max (S_t - K'/\alpha, 0) \\ &= S_t + \max \alpha c(S_t, T; K) \end{aligned}$$

Donde $K = K'/\alpha$ y $c(S_t, T; K)$ es el valor intrínseco de una opción de compra. En particular, si el valor presente de los flujos de efectivo esperados es conducido por un movimiento geométrico Browniano “neutral al riesgo”:

$$dS_t = \mu(S_t, t)dt + \sigma(S_t, t)dW_t \quad (13)$$

Donde r es la tasa de interés libre de riesgo y $\sigma > 0$ es la volatilidad instantánea, se tiene que el valor de la opción real de expansión en t está dado por:

$$\begin{aligned} c_t(S_t, t) &= e^{-r(T-t)} E[S_T + \alpha \max(S_T - K, 0) | Ft] \quad (14) \\ &= e^{-r(T-t)} E[S_T | S_t] + \alpha e^{-r(T-t)} \int_K^{\infty} (s - K) f_{ST|S_t}(s/S_t) ds \\ &= S_t + \alpha c_{BS}(S_t, t) \end{aligned}$$

Donde:

$$f_{ST|S_t}(s/S_t) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi(T-t)\sigma s}} \right) \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{\ln\left(\frac{s}{S_t}\right) - \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} \right)^2 \right\} \quad (15)$$

$$c_{BS}(S_t, t) = S_t \Phi(d_1) - Ke^{-r(T-t)} \Phi(d_2)$$

$$\Phi(d) = \int_{-\infty}^d \frac{1}{\sqrt{2\pi}} (e^{1/2\epsilon^2}) d\epsilon \quad (16)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_t}{K}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T-t} \quad (17)$$

Es decir, $C_{BS}(S_t, t)$ es la fórmula de Black & Scholes para valorar una opción de compra. Es importante recalcar que los flujos de efectivo esperados no son un activo que se compre o venda en un mercado definido, lo que genera una situación de mercados incompletos. Por lo tanto, los resultados obtenidos mediante este

procedimiento se deben tomar con cierta reserva a menos que se tomen en cuenta ciertas correcciones que más adelante se presentarán.

2.2.3.2. Opción real de contracción

Cuando una empresa introduce al mercado un nuevo producto (bien o servicio), usualmente se tiene un plan de inversión en dos etapas. En la primera etapa, la empresa invierte una cantidad inicial, generalmente pequeña, para conducir estudios de mercado. La inversión subsiguiente depende de los resultados de dichos estudios. Si en la segunda etapa el producto no presenta la aceptación esperada, la empresa puede ejercer la opción real de contraer la producción con el recorte de inversiones futuras.

Sea entonces M el costo de la inversión inicial en t , si el producto no tiene la aceptación esperada, la empresa puede invertir en la segunda etapa, una cantidad más pequeña N , $N < M$, lo que traerá como consecuencia una contracción, en una producción β , del valor presente de los flujos de efectivo esperados del producto subyacente esperado. El valor intrínseco de esta opción de contracción satisface la ecuación siguiente:

$$C_c(S_T, T, K, N) = \max(1 - \beta) S_t - N, S_t - K \quad (18)$$

$$C_c(S_T, T, K, N) = \max(-\beta) (S_t - N), -K$$

$$C_c(S_T, T, K, N) = \min(\beta S_t + N, K)$$

En donde $K = M(e^{r(T-t)})$. Es decir, se invierte K o se invierte N ; lo anterior trae como consecuencia una contracción de los flujos esperados. Suponga que los flujos de efectivo esperados son conducidos por un proceso de la forma:

$$dS_t = rS_t dt + \sigma S_t dW_t$$

Entonces:

$$c_c(S_t, t) = S_t e^{r(T-t)} - \alpha E[S_T I_{\{0 \leq S_T \leq L\}} | S_t] - \alpha \Phi(d) - N$$

Donde:

$$d = \frac{\ln\left(\frac{S_t}{L}\right) + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

y

$$L = \frac{K - N}{\alpha}$$

2.2.3.3. Opción real de cierre temporal

Supóngase que el mercado para cierto producto depende del clima o del entorno en donde se desarrollen las operaciones. El costo variable anual, X_p , de la empresa puede ser definido como el precio de ejercicio de una opción real de cierre temporal en T . se supone que el costo de cierre es C , el cual es una proporción fija, δ , del valor presente de los flujos de efectivo esperados del proyecto subyacente, S_p , es decir $C = \delta(S_p)$. Así mismo supóngase que dicha opción expira en un tiempo T .

Si los flujos de efectivo previstos son menores que los costos variables, entonces las operaciones se suspenden, lo cual genera un ahorro en los costos variables. En este caso el valor intrínseco en la opción es el siguiente:

$$C_x(S_p, T; \delta, K) = \max(S_t - X_t - A, S_t - C - a) \quad (19)$$

En donde “ a ” representa los costos fijos. Suponga que los flujos de efectivo esperados son conducidos por un movimiento geométrico browniano neutral al riesgo, entonces:

$$c_c(S_t, t) = S_t e^{r(T-t)} - \delta [E[S_T I_{\{0 \leq S_T \leq L\}} | S_t] - \Phi(D_T)] - N$$

Donde:

$$D_T = \frac{\ln\left(\frac{S_t}{Y_t}\right) + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

y

$$Y_t = \frac{X_t}{\delta}$$

2.2.3.4. Opción real de permanencia

En los proyectos de inversión de etapas múltiples, se pasa de una etapa a otra solamente si el beneficio esperado resulta positivo. En caso contrario, no se invierte en la siguiente etapa y probablemente ni en las etapas subsecuentes. De esta forma, en cada etapa en que se invierte, también se adquiere una opción para permanecer en el proyecto en la próxima etapa. En esta opción se permanece en el proyecto si el valor presente de los flujos esperados del proyecto subyacente, S_p , es mayor que el costo de inversión, K , el valor intrínseco corresponde a:

$$c_a(S_t, T; K) = \max(S_t - K, 0) \quad (20)$$

Si la dinámica del valor presente de los flujos de efectivo esperados (FE es conducida por la ecuación diferencial estocástica (12), entonces se tiene que $C_p(S_t, t) = CBS(S_t, t)$.

2.2.3.5. Opción real de abandono

El valor de mercado de los títulos (de capital y deuda), V_t , de una empresa puede, en algunos casos, exceder el valor presente de los FE esperados en T , S_t . En este caso, surge la opción de vender la empresa, ya que su valor de mercado excede el valor de presente de los flujos de efectivo esperados. Supóngase que la organización se

encuentra operando con pérdidas, en un ambiente económico adverso, y que podría tomar la decisión de abandonar algunos proyectos, inversiones y/o el mercado(s) en donde realizan sus acciones, en un tiempo T , si el valor presente de los flujos de efectivo esperados en S_t es menor que cierto valor de recuperación V_t . En consecuencia, el valor intrínseco de esta opción real es:

$$c_a(S_t, T) = \max(S_t, V_t) \quad (21)$$

Si $V_t > S_t$ la opción se ejerce. Si V_t es constante, $V_t = K$, y la opción sólo puede ser ejercida en T , entonces

$$c_a(S_t, T) = \max(S_t, K) = \max(S_t - K, 0) + K \quad (22)$$

En este caso,

$$c_a(S_t, t) = \int_0^{\infty} [\max(s - K, 0) + K] F_{(s)ds} = c_{BS}(S_t, t) + K \quad (23)$$

2.2.3.6. Opción real de cambio tecnológico

Las opciones de cambio surgen cuando una empresa puede producir un mismo bien o servicio con diferentes conjuntos de insumos. Se supone que el tiempo y el costo de cambiar un conjunto de insumos a otro no representan obstáculos para la empresa, aunque en la realidad se ven inmersos otros factores como: el aprendizaje, el tipo de tecnología, R&D, los costos de operación y mantenimiento, etc.; generalmente estas opciones de cambio son consideradas como irreversibles, pero para el presente trabajo se considerarán como acciones indivisibles e irreversibles, es decir, no se puede regresar a un estado previo en el tiempo. Una vez sentadas las consideraciones antes mencionadas el valor intrínseco de esta opción real de cambio es:

$$c_s(S_1, T) = \max(S_2 - S_1 - K, 0) \quad (24)$$

En donde S_1 es el valor presente de los flujos de efectivo esperados en T en la forma de producción actual, S_2 es el valor presente de los flujos de efectivo esperados en

T en el modo alternativo de producción, y K es el costo del cambio. Si $S_2 > S_1 + K$, entonces se ejerce la opción de cambio.

En este contexto puede utilizarse la fórmula siguiente:

$$\begin{aligned}
 & S_2 \Phi \left[\frac{\ln \left(\frac{S_2}{(1+X)S_1} \right) - \frac{T\sigma^2}{2}}{\sigma\sqrt{T}} \right] - S_1 \Phi \left[\frac{\ln \left(\frac{S_2}{(1+X)S_1} \right) - \frac{T\sigma^2}{2}}{\sigma\sqrt{T}} \right] \\
 & - S_1 X \Phi \left[\frac{\ln \left(\frac{S_2}{(1+X)S_1} \right) - \frac{T\sigma^2}{2}}{\sigma\sqrt{T}} \right] \tag{25}
 \end{aligned}$$

Siendo S_1 y S_2 el valor de los activos o flujos de efectivo del subyacente (en este caso las tecnologías en cuestión), X es el costo proporcional con respecto a la tecnología 1 y $S_1 X$ son los costos asociados el cambio tecnológico.

2.2.3.7. Opciones reales compuestas

Una opción compuesta se refiere a una opción cuyo subyacente es otra opción. La composición de opciones reales puede hacerse sobre un mismo proyecto o sobre otros proyectos relacionados entre ellos. En el primer caso, supóngase que se realiza una inversión inicial para un proyecto de *R&D*, esta inversión permite comenzar el proceso de investigación. Si el proyecto tiene éxito en el futuro, entonces se extiende la inversión en investigación con la compra de equipo adicional, la contratación de más investigadores, la adquisición de más y mejores bases electrónicas de bases de datos, etc. Ésta es una opción compuesta, en donde la decisión para extender la investigación en el futuro depende de los resultados de la investigación inicial. Por otra parte, con respecto al caso de opciones reales sobre otros proyectos relacionados, considérese un proyecto en el que se hace una

inversión inicial para una investigación, y del éxito de esta depende el desarrollo paralelo de otros proyectos como por ejemplo el marketing del producto de la R&D (una innovación tecnológica).

Como ya se mencionó, una opción compuesta es simplemente una opción sobre otra opción. El pago por ejercer una opción compuesta involucra el valor de otra opción. Una opción compuesta tiene, en consecuencia, dos fechas de vencimiento y dos precios de ejercicio de compra. En la primera fecha de vencimiento, T_1 , el poseedor de la opción tiene el derecho de comprar una nueva opción de compra a un precio de ejercicio K_1 . Así mismo, esta nueva opción de compra tiene fecha de vencimiento T_2 y precio de ejercicio K_2 . Sea $c[S_t, t; K_2]$ el valor de una opción de compra con el tiempo para el vencimiento t y precio de ejercicio K_2 y S_t el valor presente de los *FE* esperados. Entonces $c_{call}[S_0]$ es el valor de la opción compuesta en el momento actual $t = 0$, en la primera fecha de vencimiento, T_1 , el valor intrínseco de la opción real compuesta está dado por:

$$c_{call}(S_t) = \max(K_1, c(S_t, T_2 - T_1; K_2)) \quad (26)$$

Sea S^* el precio crítico del activo tal que $c_{BS}(S^*, T_2, K_2) = K_1$, es decir, S^* es tal que:

$$K_1 = S^* \Phi(\delta) - K_2 \Phi(\delta - \sigma \sqrt{T_2}) \quad (27)$$

Donde:

$$\delta = \frac{\ln\left(\frac{S^*}{K_2}\right) + \left(r + \frac{1}{2} \sigma^2\right) T_2}{\sigma \sqrt{T_2}} \quad (28)$$

De esta manera, cuando $S_t > S^*$, se tiene que $c[S_t, T_2 - T_1; K_2] > K_1$ y, consecuentemente, el propietario (*holder*) ejercerá la opción de compra en T_1 . El valor de la opción compuesta en el momento actual depende de la probabilidad conjunta de que el precio de activo sea mayor que S^* en T_1 y mayor que K_2 en T_2 , bajo el supuesto de que el valor presente de los flujos de efectivo esperados del proyecto subyacente es log-normal, la fórmula de esta opción real compuesta satisface:

$$c_{call}(S_t) = S_0 \Phi_2(d, b; \rho) - K_2 e^{-rT_2} \Phi_2(d - \sigma\sqrt{T_1}, b - \sigma\sqrt{T_2}; \rho) - K_1 e^{-rT_1} \Phi(d - \sigma\sqrt{T_1}) \quad (29)$$

Donde:

$$d = \frac{\ln\left(\frac{St}{S}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T_1}{\sigma\sqrt{T_1}} \quad (30)$$

$$d = \frac{\ln\left(\frac{St}{K_2}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T_2}{\sigma\sqrt{T_2}} \quad (31)$$

$$\rho = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} \quad (32)$$

En las fórmulas anteriores, r es la tasa libre de riesgo, σ es la volatilidad instantánea, $\Phi(x)$ es la función de distribución acumulada normal estándar invariada, y $\Phi_2(x, y; \sigma)$ es la función de distribución acumulada normal estándar bivariada con coeficiente de correlación ρ . El primer término de la fórmula de evaluación de c_{call} proporciona el valor neutral al riesgo, del activo subyacente condicionado a y que $St > S^*$ en T_1 y $S > K_2$ en T_1 , el segundo término, de c_{call} proporciona el pago esperado de ejercer la opción en T_2 , y el último término es el pago esperado de ejercerla en T_1 . Conviene recordar que la función de distribución acumulada normal estándar divariada se define como:

$$\Phi_2(x, y; \sigma) = \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\rho^2}} \int_{-\infty}^x \int_{-\infty}^y \exp\left(\frac{u^2 - 2\rho uv + v^2}{2(1-\rho^2)}\right) dudv \quad (33)$$

La cual puede ser aproximada mediante el siguiente procedimiento, con una precisión de hasta seis decimales. Para la distribución acumulada de una variable normal estándar se utiliza la fórmula de aproximación siguiente:

$$\Phi_2(x) = \begin{cases} 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\{-x^2/2\} [a_1 k + a_2 k^2 + a_3 k^3 + a_4 k^4 + a_5 k^5], & x \geq 0 \\ 1 - \Phi(-x) & x < 0 \end{cases} \quad (34)$$

Para el caso de la distribución acumulada normal bivariada estándar se puede aproximar mediante la fórmula de Drezner (1978), de la forma que a continuación se presenta:

$$H(y, z; \rho) = \frac{\sqrt{1 + \rho^2}}{\pi} \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 v_i v_j G(w_i, w_j) \quad (35)$$

Donde:

$$G(w_i, w_j) = \exp \{y_i(2w_i - y) + z_j(2w_j - z) + 2\rho(w_i - y_i)(w_j - z_j)\} \quad (36)$$

2.2.3.8. Valuación de opciones reales bajo el enfoque de ecuaciones diferenciales parciales

Sea $(W_t)_{t \in [0, T]}$, un movimiento Browniano definido sobre un espacio fijo de probabilidad equipado con su filtración adecuada, $(\Omega, F, (F_t)_{t \in [0, T]}, IP)$. Sea $c = (S_t, t)$ el valor de la opción real. Si el valor presente de los flujos de efectivo esperados en t , S_t , es conducido por el proceso

$$dS_t = \mu(S_t, t)dt + \sigma(S_t, t)dW_t \quad (37)$$

Donde $\mu(S_t, t)$, $\sigma(S_t, t)$ son funciones conocidas, entonces bajo condiciones de equilibrio (aunque realmente en este tipo de entornos no existe equilibrio alguno, por lo cual se harán las correcciones correspondientes más adelante), c satisface la siguiente ecuación diferencial parcial de segundo orden:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial S_t^2} \sigma(S_t, t)^2 + \frac{\partial c}{\partial S_t} S_t r - rc = 0 \quad (38)$$

Sujeto a:

$$c(0,t) = 0 \quad y \quad c(S_T, T) = h(S_T)$$

Donde r es la tasa de interés libre de riesgo y $h(S_T)$ es el valor intrínseco de la opción real, el cual puede ser cualquiera de los casos antes examinados. Resulta importante destacar que la ecuación anterior solamente cuenta con funciones analíticas para ciertas funciones $\mu(S_T, t)$, $\sigma(S_T, t)$ y $h(S_T)$. En general se requiere de métodos numéricos para obtener soluciones aproximadas de la ecuación diferencial parcial.

Si bien es cierto que las opciones reales nos permiten tener una mayor flexibilidad dentro del campo de la valuación de alternativas, no explica en qué condiciones o en que situaciones se puede obtener dicha flexibilidad, es decir, las opciones reales por sí mismas no explican en qué supuestos o situaciones resulta ser cierta dicha flexibilidad. Es por ello, que se ha decidido incorporar la teoría de escenarios, con el afán de determinar en qué circunstancias se puede esperar el beneficio de la opcionalidad dentro de la valuación de un proyecto y en cuáles no.

2.2.3.9. Análisis de sensibilidad con Delta, Gamma, Rho, Theta, Vega y Xi

Toda vez que se ha utilizado la teoría opciones, la obtención de resultados sobre los diferentes tipos de opciones de inversión, es posible efectuar un análisis de sensibilidad a través de ciertas funciones como son Delta, Gamma, Rho, Theta, Vega y Xi (Mun, 2006). Por definición el análisis de sensibilidad permite observar el cambio o variación de los resultados, debido al incremento o decremento en una unidad(es) de la variable (s) analizada(s) de manera específica. En este sentido, se tiene que: (1) Delta provee el cambio del valor de la opción dada, debido a un cambio en el valor presente del activo subyacente (flujo de efectivo), donde $Delta = \Delta = \partial C_t / \partial S_t = N(d_1)$; (2) Gamma provee la tasa de cambio de valor de una Delta dada por unidad de cambio del activo subyacente $Gamma = \Gamma = \partial \Delta / \partial S_t = (e^{-1/2 d_1^2}) / (S_t \sigma \sqrt{2\pi T})$; (3) Rho provee el cambio del valor del activo subyacente debido a la variación unitaria de la tasa de interés libre de riesgo utilizada para el cálculo de los rendimientos futuros $Rho = P = \partial C_t$

$\partial C_t / \partial r = XTe^{-rt} N(d_2)$; (4) Theta provee el cambio del valor por unidad de tiempo $Theta = \theta = -\partial C_t / \partial T = -(S\sigma e^{-1/2 d_1^2}) / (2\sqrt{2\pi T}) - re^{-rt} N(d_2)$; Vega provee el cambio generado por el cambio del decremento/incremento por una unidad de volatilidad $Vega = V = \partial C_t / \partial \sigma = (S_t \sqrt{T} e^{-0.5 d_1^2}) / 2\sqrt{2\pi}$; y Xi permite observar el cambio generado por el incremento/decremento de unidad por unidad de costo en el valor del activo subyacente $Xi = \Xi = -N(d_2) e^{-rt}$.

2.3. Escenarios

Los estudios del futuro datan de varios siglos atrás, no sólo en forma de ficción, sino también a través de técnicas y metodologías, que permitían extrapolar resultados de un presente hacia un futuro o estadio posterior (Miklos, 2007). Sin embargo, es a principios del siglo veinte cuando se presenta el primer intento formal en donde William Ogburn (1937) a través de su reporte de *Tendencias tecnológicas y política nacional, inclusión de las implicaciones sociales de los nuevos eventos* enfatiza la importancia de los esfuerzos nacionales para llevar a cabo un ajuste en los planes, de conformidad con las situaciones cambiantes del entorno (Miklos, 2007).

Sin embargo, es hasta en las postrimerías de la Segunda Guerra Mundial, donde son utilizados los escenarios de forma intensiva, en ocasiones convirtiéndose en meras probabilidades de ocurrencia de eventos específicos, es entonces que los escenarios empiezan a convertirse en un campo especializado debido a la guerra misma (Miklos, 2007). Finalizada la segunda guerra mundial surgieron diversas instituciones y corporaciones, así como estudios especializados en el tema como RAND Corporation, Centre d'études Prospectives, Futuribles, Hudson Institute, por mencionar algunos. Dichas instituciones y/o corporaciones fueron fundadas por actores importantes que han contribuido con su aporte en la fundamentación de la teoría y metodologías para la creación de escenarios, entre ellos se tienen los siguientes: Herman Kahn, Gaston Berger, Andre Clement Decoufie, Pierre Masse, Bertrand de Louvenel, Olaf Helmer, Norman Dalkey, Pierre Wack, Robert Dubin, Hasan Ozbekhan, Anthony Wiener, entre otros (Miklos, 2007), actores que han permitido el desarrollo de un nuevo tipo de pensamiento con características holísticas y sistémicas.

2.3.1. Escenarios y pronósticos

En la actualidad es posible afirmar que los modelos mentales a través de los años han ido cambiando debido a la incapacidad de los enfoques probabilísticos de explicar ciertos aspectos de la realidad, los cuales a su vez no pueden ser incorporados de forma tangible en algunos modelos cuantitativos, debido a la naturaleza de las variables de estudio como. Dicha evolución se debe en cierta forma a estos aspectos (Van Der Heijden, 2006):

- La necesidad de nuevos sistemas y modelos mentales para la toma de decisiones, como punto de partida en la resolución de problemas.
- La creación y la reestructuración de las situaciones a través de la introducción de nuevas perspectivas. Es decir, la introducción del eslabón entre el éxito estratégico y la observación de la realidad de una forma diferente.
- La necesidad de comprensión de lo que puede ser y la incertidumbre inherente a ésta, y la administración del riesgo derivado de ella.
- La necesidad del cambio de los modelos mentales en la toma de decisiones.

Dentro del entorno contemporáneo resulta de gran importancia la inversión en la creación de una política estratégica dentro de los negocios debido al dinamismo del entorno, dentro de un contexto de cambio acelerado, que a su vez lleva implícito la supervivencia y el crecimiento de una organización. Es en este punto que resulta importante reconocer que no sólo se deben de desarrollar planes estratégicos para la realización de las actividades día con día, sino también se requiere prepararse para los acontecimientos futuros que puedan colocar en una posición riesgosa la estabilidad de la empresa.

Es debido a lo anterior, que en ocasiones no basta solamente realizar una proyección basada en elementos puramente matemáticos, sobre todo cuando dentro del entorno existe cierto grado de incertidumbre y ambigüedad en el desarrollo o evolución de una situación en particular. Dentro de este ámbito, se hace necesario que la metodología de proyección sea acompañada por una técnica complementaria, que permita no solamente la identificación de los futuros posibles de un evento en particular, sino

también, la determinación de aquellos aspectos relevantes que puedan conducir a que el evento desemboque en un resultado ante el cual la corporación no se encuentra debidamente preparada.

2.3.2. El proceso de planeación y los escenarios

Dentro de la etapa del análisis en la toma de decisiones, la organización requiere una decisión que le permita afrontar los posibles cambios dentro del entorno competitivo. El propósito de la estrategia es desarrollar una serie de políticas que conlleven a los individuos involucrados (directivos, personal, etc.) a direccionar el comportamiento, individual como colectivo, con el objeto de que todo el sistema funcione de la mejor manera posible ante las diversas eventualidades que pudieran acontecer. El problema que se presenta a partir de lo anterior, es el de cómo desarrollar y alcanzar dicha estrategia cuando existe de por medio la incertidumbre y la ambigüedad dentro de un proyecto dado. Pero de la misma forma se puede afirmar que no todas las cosas son totalmente impredecibles. La idea del proceso de planeación del futuro se encuentra fundamentalmente basada sobre la impredecibilidad del futuro, en el cual algunos aspectos pueden ser de alguna manera inferidos o predecidos. Sin embargo, al mismo tiempo conlleva a la obtención de (1) Un aprendizaje continuo; y (2) Una respuesta dinámica-continua ante las situaciones que se presenten, en donde el comportamiento de la organización (individual, colectivo y organizacional) juega un papel determinante en el éxito de la implementación estratégica.

Dentro del proceso de planeación y determinación de la estrategia (*strategising*) se considera en qué forma (dentro de la organización) las fortalezas pueden ser desarrolladas y las debilidades minimizadas, con el objeto de mejorar el desempeño del sistema en un futuro, a corto, mediano y largo plazo (dependiendo del tipo de estrategias a implementar). Para ello se requiere de igual forma de una retroalimentación efectiva que conlleve al aprendizaje de errores pasados enfocándose en tres campos: (1) La organización en sí; (2) El entorno competitivo; y por último (3) El proceso estratégico de decisión –proceso en el cual es importante observar si el tipo de proceso de decisión es adaptativo o generativo–.

Bajo este contexto, la técnica de escenarios en la actualidad ha dejado de ser una técnica para convertirse más bien en una metodología. Inicialmente, el análisis de los escenarios era una extensión de la predicción y control dentro de la planeación, en la cual la línea de tiempo involucrada era sustituida por un modelo probabilístico, con el objeto de medir numéricamente la plausibilidad de los diferentes escenarios. En la actualidad los escenarios son mucho más que una mera proyección probabilística, más bien son una metodología de planeación en donde se ve involucrada la planeación estratégica, la planeación operativa y diversas metodologías aplicadas; convirtiéndose así en un análisis sistémico y holístico dentro del proceso de planeación y la toma de decisiones. Es por lo anterior que la planeación mediante escenarios incluye no sólo la administración de los recursos, sino también los componentes mismos de las siguientes estrategias posibles:

- El valor social/consumidor creado por la organización.
- Los recursos distintivos y competencias dentro de la organización, dentro de la creación del valor de la corporación.
- Los lazos de reforzamiento dentro de la retroalimentación, los cuales a su vez se tornan en ideas dentro de la sostenibilidad de las capacidades productivas y de sobrevivencia de la organización.

Cabe mencionar que la organización puede ser delineada como una parte del todo, con la salvedad que dentro de ella se puede tener, hasta cierto punto, control sobre las acciones y las decisiones mediante la administración organizacional. El entorno entonces, afecta en diversos grados la actuación de dicha organización, ya que éstos son factores exógenos, y la empresa carece de poca o de ninguna influencia sobre éstos. Al no tenerse control sobre dichos factores externos, la capacidad de respuesta y ante los cambios que se presentan en el entorno, resulta fundamental para la sobrevivencia de la empresa tratar de anticiparse al futuro.

2.3.3. Tipos de escenarios

Una correcta identificación del tipo de escenario a requerirse, permite y facilita, tanto la identificación del objeto focal del estudio, como el establecimiento de los alcances

de éste. Sin embargo, en ocasiones el establecimiento del objeto focal del estudio (cuando no se tiene la claridad adecuada de lo que se pretende) podría resultar una tarea extenuante, sobre todo porque en ésta etapa o fase no sólo se define el marco de referencia sobre el cual se desarrollará la planeación prospectiva, sino que también influye directa o indirectamente los resultados a obtenerse. Es por ello que en una primera propuesta los escenarios prospectivos/normativos podrían clasificarse de acuerdo a tres categorías básicas así: (1) Por su forma de construcción; (2) Por el tipo de planeación que se pretende utilizar para alcanzar una posición competitiva; y finalmente (3) Por su intención de desarrollo. En relación al primer tipo (por su forma de construcción) los escenarios pueden clasificarse al menos en cuatro tipos:

- 1) *Escenarios proyectivos*: Los escenarios proyectivos están basados en conclusiones generales, las cuales son trazadas a partir de la experiencia o de evidencia experimental o empírica. En este tipo de escenarios se parte de lo particular a lo general. Los escenarios proyectivos pueden estructurarse a nivel de eventos o a nivel de estructuras. La construcción de la forma proyectiva en ocasiones puede generar que los escenarios no posean una claridad adecuada (en una primera aproximación) que permita distinguir de forma clara un escenario de otro. Es por lo anterior que se deben interrelacionar adecuadamente todos aquellos elementos que entran en juego al momento de la construcción de los escenarios. Generalmente, este tipo de escenarios contempla una narrativa de los eventos esperados (eventos plausibles) interrelacionando cada una de las variables más relevantes que contribuyen de forma importante a incrementar o propiciar un ambiente de incertidumbre dentro del entorno en cuestión.
- 2) *Escenarios deductivos*: Este tipo de escenarios parte de lo general a lo particular. Normalmente se inicia de un estado final o evento tope, a partir del cual se van construyendo, deduciendo e identificando aquellos sucesos o acontecimientos que deben o deberían ocurrir, y que por los cuales se podría obtener el resultado deseado (factores clave y fuerzas motrices). Generalmente, este tipo de construcción de escenarios se combina con metodologías de identificación de actores y estrategias, con la finalidad de obtener un panorama completo de la situación y de los posibles cursos de acción a implementar.

- 3) *Escenarios incrementales*: No todas las entidades o agentes, se encuentran preparados para este tipo de escenarios (proyectivos y deductivos), sobre todo si éste es el primer contacto con este tipo de metodologías (escenarios). Para ello se recomienda el desarrollo de algunas de las tendencias identificadas a partir el futuro oficial (proyecciones, estimaciones, plan de acción, proyectos, entre otros) para luego desarrollar escenarios o futuros alternos a partir de éste, tratando de identificar aquellos factores clave e incertidumbres que pongan en riesgo las estrategias de la organización (Van der Heijden, 2006).
- 4) *Escenarios o estados idealizados*: Los escenarios o estados idealizados resultan ser los más complejos en cuanto a su construcción. Los estados idealizados requieren de una capacidad de abstracción generalmente grande, esto es porque inicialmente se debe de concebir una idealización del estado al que se pretende llegar; para esto se requiere de alguna forma la construcción de escenarios proyectivos con la finalidad de dilucidar el posible curso de acción que pudieran tomar los eventos para alcanzar dicho escenario. Posteriormente, una vez concebido el estado idealizado, se debe retroceder en el tiempo, de forma deductiva, con el objeto de identificar las acciones necesarias y los actores que deberían implicarse para alcanzar dicho estado. Finalmente, se requiere de suavizar el modelo para su implementación mediante aproximaciones sucesivas (de forma incremental), y el establecimiento de indicadores que permitan dar seguimiento a la ejecución de las estrategias necesarias para ello. Así mismo, se requiere del desarrollo de un plan rector para su realización procediéndose de igual manera cuando se opte por un cambio radical en la forma en que se realizan las operaciones dentro de la organización, solamente que la forma de implementación, en este caso, no resulta ser tan sencilla (Akkoff, 2006).

De la misma forma, los escenarios normativos/prospectivos pueden clasificarse de acuerdo al tipo de planeación que se pretende utilizar para alcanzar una posición competitiva (Ringland, 2002), así: (ver Cuadro 2.4).

Cuadro 2.4. Clasificación de los escenarios de acuerdo al tipo de planeación utilizada

		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5
Planeación enfocada	La planeación se encuentra basada en un escenario de referencia	La estrategia se encuentra basada en el escenario con mayor probabilidad de ocurrencia.	La estrategia está basada en el escenario más riesgoso.	Estrategias reactivas y/o preventivas.	La estrategia está basada en el escenario con mayores oportunidades.	La estrategia está basada en el escenario deseado.
Planeación robusta	La planeación se encuentra basada en diversos escenarios	La seguridad de la estrategia se encuentra basada sobre el escenario con mayor probabilidad de ocurrencia.	La estrategia se concentra en la minimización de riesgos.	La estrategia se concentra en la maximización de la flexibilidad.	La estrategia se concentra en la maximización de oportunidades.	La seguridad de la estrategia se basa en el escenario deseado.

Fuente: Adaptado de Ringland, 2002.

- 1) *Planeación enfocada*: La construcción de escenarios mediante la planeación enfocada se fundamenta en el desarrollo de estrategias basadas solamente en un escenario, sobre el cual giran las acciones futuras de la organización o entidad.
- 2) *Planeación robusta*: La construcción de escenarios mediante la utilización de una planeación robusta se basa en la generación de estrategias a partir de múltiples escenarios, por lo cual la estrategia a desarrollar deberá ser viable dentro de todos los escenarios identificados.

Finalmente, los escenarios normativos se pueden categorizar de acuerdo a su intención de desarrollo, como pueden ser así:

- 1) *Exploratorios*: Se refieren a aquellos escenarios que tienen como punto de

referencia el presente, tomando en cuenta las tendencias actuales y los posibles eventos presentes y futuros, para lo cual se desarrollan los posibles escenarios futuros, considerando sus posibilidades y su plausibilidad, con el fin de explorar el futuro posible a partir de unas condiciones dadas de partida. Este tipo de escenarios se pueden subdividir en tres categorías:

- i. *Tendencial*: Su objeto principal es el de identificar un futuro posible, asumiendo la permanencia y la predominancia de las tendencias más fuertes y examinado la continuidad de las tendencias en el futuro.
 - ii. *Enmarcado o de contraste*: Su objeto principal es el de delimitar el espacio de los futuros plausibles. Este tipo de escenario asume la permanencia y la predominancia de ciertas tendencias, variando en forma extrema las hipótesis concernientes a la evaluación de éstas.
- 2) *Anticipatorios*: Se refieren a la construcción de escenarios, tomando en cuenta el comportamiento y el desempeño pasado y el presente, con el objeto de generar diversos futuros plausibles, con la intención de prepararse de forma proactiva y preactiva ante la posible ocurrencia de dichos futuros, mediante el desarrollo de estrategias que den respuesta a las necesidades y que potencien las áreas de oportunidad (debilidades) dentro de la organización/entidad.
- i. *Idealizados*: Este tipo de escenarios representan imágenes de un futuro deseable. El primer paso consiste en construir una imagen deseada del futuro (imagen objetivo). El siguiente paso consiste en desarrollar el marco de eventos que tendrían que acontecer para alcanzar la situación deseada y, finalmente, se desarrollan las estrategias requeridas para alcanzar la imagen objetivo. Bajo esta perspectiva el escenario futuro estará en función no sólo del presente y del pasado, sino que también de lo que se desea, incorporando al mismo tiempo las acciones y los eventos requeridos para el alcance de dicho estadio.

- ii. *Prospectivos*: Los escenarios prospectivos se construyen a partir de situaciones pasadas y presentes (comportamiento y desempeño), con el objeto de construir las situaciones futuras mediante la interrelación de variables y tendencias mediante el uso de las capacidades imaginativas de los interesados. Lo que se busca es la identificación de la situación futura que presente el mayor grado de plausibilidad o una mezcla de éstas, con la finalidad de prepararse de la mejor manera posible ante un futuro incierto, pero posible, mediante el desarrollo de las estrategias necesarias para tal fin.

Una identificación acertada del tipo de escenario requerido implica definir de forma previa el objeto focal del estudio, aunque no de manera formal, pero sí al menos, a groso, con la intención de desarrollo del ejercicio, dando lugar a la facilitación y a la ejecución del proceso de planeación a través de escenarios, por medio de la identificación temprana, tanto del objeto y como del alcance de las actividades a realizarse.

2.3.4. El aprendizaje y la planeación por escenarios

Las organizaciones en la actualidad buscan el aprendizaje a partir del futuro, realizando una combinación entre la construcción de escenarios y el proceso estratégico de la toma de decisiones. A dicho proceso se le denomina aprendizaje mediante escenarios, el cual permite a la organización el entendimiento y la comprensión de la administración y del manejo del futuro de forma estratégica (Fahey *et al.*, 1998). El entendimiento de la situación actual es la base de las situaciones futuras dentro del entorno competitivo, en donde una organización puede adoptar la planeación a través de la construcción de escenarios por iniciativa propia o de forma acelerada, ante estas situaciones (Fahey *et al.*, 1998):

- El entorno del negocio dentro del mercado de acción en lo referente a: los productos, los consumidores, los canales de distribución, los proveedores, la competencia, la tecnología y las regulaciones gubernamentales pueden cambiar de forma significativa dentro del contexto actual.

- El conjunto de alternativas y opciones futuras pueden ser dramáticamente diferentes a las que actualmente se encuentran en consideración o en operación y, además, éstas pueden ser consideradas como parte del proceso estratégico dentro de la corporación.
- Si el entorno del mercado de acción posee un alto grado de dinamismo y se pueden esperar cambios repentinos o el surgimiento de nuevas tendencias, amenazas y/o tecnologías que afecten la estabilidad del mercado en cuestión.

De igual forma, el aprendizaje mediante la utilización de escenarios, comprende por lo menos dos elementos: (1) La construcción o desarrollo de escenarios; y (2) La integración de la información obtenida en éstos dentro del proceso de la toma de decisiones. Ambos elementos son necesarios dentro del aprendizaje y ninguno de ellos puede alcanzar el efecto deseado de forma individual, pudiéndose inferir que el aprendizaje derivado de la utilización de escenarios en estas circunstancias:

- 1) Se utiliza la metodología (de escenarios) para la identificación de posibles y nuevas oportunidades de negocios para la organización.
- 2) Se prueba la competencia, la eficacia la efectividad y la viabilidad de cada una de las posibles estrategias dentro de los múltiples escenarios construidos y/o desarrollados dentro del proceso.
- 3) Se redefine la estrategia basándose en el conocimiento generado a partir de los escenarios que permitan el entendimiento de los elementos requeridos a futuro para el éxito de la empresa.
- 4) Resulta un monitoreo de los resultados de las estrategias implementadas.
- 5) Se escanean los cambios dentro del entorno, con el objeto de determinar la mejor forma de adaptación o cambio organizacional requerido dentro del proceso de adaptación ante cambios abruptos dentro del sistema.

Cabe señalar que el aprendizaje mediante escenarios comprende la generación de información valiosa para los individuos involucrados en el proceso de la toma de decisiones, con la finalidad de facilitar y vislumbrar los cursos de acción, que resulten viables, con el objeto de crear un mayor valor tanto en el presente como en el futuro de la organización, sin comprometer la operación de la empresa. Lo anterior implica la obtención de un aprendizaje mucho mayor a partir de las memorias del futuro: dentro de las cuales se pueden presentar futuros no ortodoxos y convencionales (Fahey *et al*, 1998) que podrían inducir a las organizaciones así:

- 1) Aumentar el conocimiento sobre estadios futuros, a los cuales se pueden acceder, llegar o presentarse mediante la construcción de modelos mentales que permitan un contraste efectivo entre las diferentes situaciones que pudieran desarrollarse en un futuro.
- 2) El desarrollo de nuevas decisiones y consideraciones que previamente habían sido pasadas por alto dentro de la agenda de la organización.
- 3) La reestructuración de las decisiones existentes, es decir, los escenarios pueden proveer un nuevo contexto de valuación y reconsideración sobre las estrategias competitivas existentes.
- 4) La identificación de estrategias contingentes que permitan una mayor adaptabilidad y flexibilidad ante eventos futuros que puedan comprometer los recursos y la estabilidad de la organización.

La planeación mediante escenarios contribuye a potenciar las capacidades de la corporación dentro del proceso de la toma de decisiones, en donde se ven involucradas la incertidumbre y el riesgo; situación en la cual la dinámica del cambio juega un papel fundamental y determinante dentro del mercado de acción. Las decisiones tecnológicas se encuentran entre las más críticas dentro del proceso de decisión de las organizaciones; a su vez, la inversión en tecnología permite el mejoramiento de servicios y/o capacidades con el objeto de desarrollar o de obtener ventajas competitivas dentro del mercado. Dicha decisión de inversión, por lo tanto,

debe realizarse mediante la participación de todos los miembros de la organización a todos los niveles. Dentro de este ámbito, una buena elección tecnológica permite a la organización la posibilidad de diversificar sus acciones o futuros; por el contrario, una mala elección da como consecuencia un posible futuro o resultado no deseado.

2.3.5. Enfoques para la construcción de escenarios

Los escenarios tecnológicos, pueden desarrollarse en tres campos, principalmente. El primero, cuando lo que se requiere es la consolidación de las finanzas corporativas en lo referente a la adquisición de nuevas tecnologías. El segundo, la elección de la tecnología a incorporar dentro del proceso de creación de un negocio (productos primarios, producción, distribución). Y el tercero, cuando se requiere conocer, de alguna forma o de otra, las necesidades y los productos futuros de los consumidores dentro de un ambiente dinámico plagado de riesgos e incertidumbres. En este sentido existen diversos tipos de escenarios, así como diversas metodologías para la construcción de éstos, como puede observarse en el trabajo de (Vergara *et al*, 2010), en donde se pueden identificar fácilmente alrededor de 18 modelos/metodologías para la construcción de escenarios.

Con base en lo anterior se hace necesario realizar un recuento de los principales enfoques prospectivos dentro del desarrollo de escenarios, donde se pueden distinguir claramente al menos tres, como son: (1) El enfoque francés; (2) El enfoque norteamericano; y el (3) El enfoque nórdico. Cabe señalar que dentro de estos enfoques, gira a su alrededor, un número importante de métodos y técnicas de apoyo para la construcción de escenarios, así como un número importante de proyectos, artículos, trabajos y consultorías dando a lugar una teoría-práctica sólida desarrollada, permitiendo que poco a poco dichos enfoques dejen de ser una mera propuesta metodológica, para convertirse en una herramienta calibrada a través del tiempo.

2.3.5.1. El enfoque francés

Dentro del enfoque francés el método de los escenarios se concibe como una vía para construir representaciones de los futuros posibles, así como el camino que

conduce a la consecución de sus objetivos, y metas planeados con anterioridad. El objetivo de estas representaciones es identificar las tendencias dominantes y los gérmenes de ruptura del entorno general y competencial de una organización (Godet *et al*, 2000). En este enfoque se distinguen principalmente dos tipos de escenarios: (1) Exploratorios (parten de tendencias pasadas y presentes y conducen a futuros verosímiles); y (2) Anticipatorios (o normativos construidos a partir de imágenes alternativas y concebidos de un modo retrospectivo).

Para la construcción de escenarios, en primera instancia, se construye un conjunto de representaciones del estado actual del sistema constituido por la empresa/ organización/ente y su entorno a realizar, así como elaborar un estudio retrospectivo profundo y tan detallado como sea posible. Para lo cual resulta determinante (Godet *et al*, 2000) (1) Delimitar el sistema y su entorno; (2) Determinar las variables esenciales; y (3) Analizar la estrategia de actores. Posteriormente se empiezan a preparar los futuros posibles a través de una lista de hipótesis que deberán reflejar una tendencia, el mantenimiento o decaimiento de ésta, el surgimiento de una nueva tendencia y/o su ruptura. Una vez preparados los insumos se procede a desarrollar la evolución del sistema (fase diacrónica) (Godet *et al*, 2000). Aunque Godet (2000 y 2006) presenta un método de escenarios lógico y coherente, no es necesario recorrerlo de principio a fin o desarrollarlo de manera secuencial. Todo depende del grado de conocimiento del sistema en estudio de los objetivos e intereses que se persigan al momento de realizar el estudio y el dominio del método prospectivo.

A continuación se presenta un breve resumen de las etapas que se deben de efectuar para el desarrollo de la metodología propuesta por Godet (2000 y 2006), la cual puede dividirse en varias etapas, de la siguiente manera (ver Figura 2.2):

- 1) *Exposición del problema*: Tiene por objetivo analizar el problema expuesto y delimitar el sistema a estudiar. Se trata, en este momento, de situar el método prospectivo en su contexto socioorganizacional, a fin de iniciar y de simular el conjunto del proceso con la ayuda de los talleres de prospectiva.

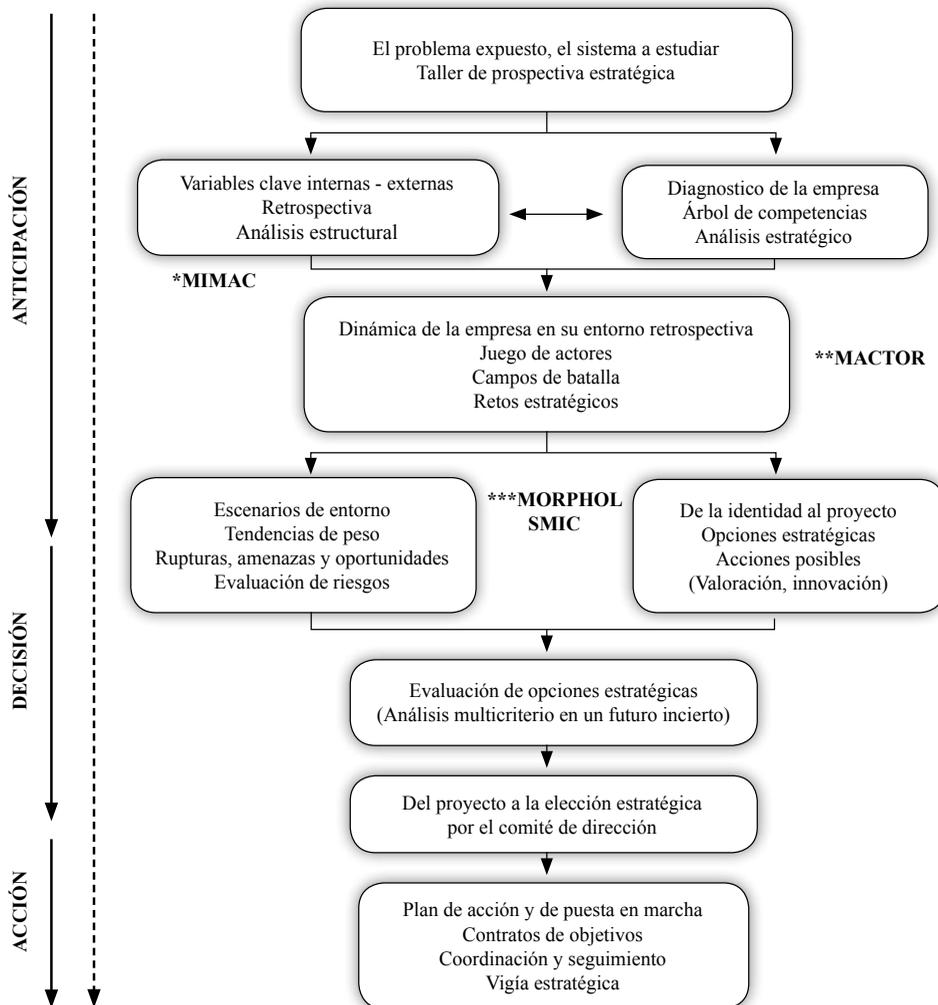


Figura 2.2. Enfoque francés para la construcción de escenarios

Fuente: Adaptado de Godet, 2006.

*MICMAC: Matrices de Impactos Cruzados Aplicada a la Clasificación de variables; **MACTOR: es un método de análisis de juego de actores; y ***MORPHOL SMIC: método que tiende a explorar de manera sistemática los futuros posibles a partir del estudio de todas las combinaciones resultantes de la descomposición de un sistema.

- 2) *Diagnóstico de empresa*: Se basa en elaborar una radiografía completa de la empresa desde el Know-How hasta las líneas de producto, materializado en el árbol de competencias.
- 3) *Identificación de variables*: Identifica las variables claves de la empresa u organización y de su entorno, con la ayuda del análisis estructural.
- 4) *Dinámica de la empresa*: Intenta comprender la dinámica de la retrospectiva de la empresa, de su entorno, de su evolución, de sus fuerzas y debilidades en relación a los principales actores de su entorno estratégico, permitiendo dilucidar cuestiones clave para el futuro.
- 5) *Escenarios de entorno y tendencias*: Esta etapa busca reducir la incertidumbre que pesa sobre las cuestiones clave de futuro. Para ello se utilizan métodos tendientes a evidenciar las tendencias con mayor peso en el entorno, los riesgos de ruptura, para luego identificar/descubrir los escenarios de entorno más probables.
- 6) *Identidad–Opciones estratégicas*: En este paso se pone en evidencia la coherencia de los proyectos, es decir, las opciones estratégicas compatibles a la vez con la identidad de la empresa y con los escenarios más probables de su entorno.
- 7) *Evaluación de las opciones estratégicas*: es un estudio racional sobre la plausibilidad de los escenarios y la información que gira entorno a éstos, en la cual se puede apoyarse en métodos de elección multicriterio; con esta etapa finaliza la fase de reflexión previa antes de la decisión y la acción.
- 8) *Elección de la estrategia*: Es la etapa crucial, ya que dicha fase conlleva pasar de la reflexión a la decisión. Las apuestas estratégicas y la jerarquización de objetivos son el resultado de la decisión de un comité de dirección o su equivalente.

9) *Plan de acción*: Se dedica enteramente a la puesta en marcha del plan de acción. El plan de acción implica los contratos de objetivos (negociados o suscitados), la puesta en marcha de un sistema de coordinación y de seguimiento, y así como también del desarrollo de un sistema de monitoreo externo en lo referente a la evolución del o los escenarios considerados.

Cabe señalar que el desarrollo de esta metodología integrada, no tiene por qué ser totalmente lineal o seguir un orden estricto en su desarrollo. Así mismo, el método propuesto por Godet (2000 y 2006) comprende un sistema de retroalimentación en cada uno de los diferentes niveles o fases, especialmente de las etapas de la 4 a la 9 (Godet *et al*, 2000), lo cual da como resultado un método dinámico y adaptable.

2.3.5.2 El enfoque norteamericano

Si bien es cierto que la metodología general de la escuela norteamericana podría estar asociada a Peter Swartz (1996) en primera instancia, existen otros autores que de una manera u otra han contribuido con el desarrollo metodológico, ya sea con otras variantes o la incorporación de nuevas herramientas como son Van der Heijden (2006), Gill Ringland (2002), Liam Fahey (1998), Robert Randall (1998), por mencionar algunos. Dentro de estos aportes o contribuciones importantes se encuentran los de Kees Van der Heijden (2006): El desarrollo de la idea del negocio y las conversaciones estratégicas.

La idea del negocio

Dentro del proceso de planeación mediante escenarios, y con el objeto de acelerar el proceso de aprendizaje organizacional, se requiere de la articulación de la idea del negocio de la corporación (Van der Heijden, 2006). Es decir, el proceso de planeación resulta efectivo solamente cuando dicha idea ha sido articulada, estudiada, modificada, mejorada y/o implementada de forma eficaz hacia el interior de la organización. La idea del negocio es más que la definición de los factores de los que depende el éxito de la organización.

La idea del negocio implica ver la organización como un todo sistémico que permita explicar cuáles son los factores y las razones del éxito actual y cuáles podrían ser los elementos requeridos para triunfar en el futuro (Van der Heijden, 2006) o fracasar en éste. Las organizaciones son exitosas si éstas son capaces de crear valor, lo cual puede realizarse de dos maneras:

- a) Las firmas pueden crear valor adicional a los stakeholders, los cuales pueden utilizarlo posteriormente para su propio interés (todo o una fracción de éste) con el objeto de desarrollar las capacidades de la organización.
- b) Las firmas pueden crear expectativas entre los stakeholders, sobre el valor futuro, que puede ser utilizado para el crecimiento de la corporación.

Para ello se deben tener en cuenta las capacidades distintivas y las ventajas competitivas involucradas en las operaciones de la empresa, las que a su vez deberán de estar articuladas con la idea del negocio, si lo que se requiere es la obtención de una empresa capaz de enfrentar los desafíos que se le presenten dentro de un entorno dinámico. Lo anterior permite no sólo la creación de un posible valor (social/consumidores), sino que también representa la base para la construcción de una corporación competitiva ante un entorno dinámico, en donde las nuevas tecnologías y las invenciones juegan un papel fundamental dentro del proceso, siendo además la irreversibilidad, la incertidumbre, la complejidad y la ambigüedad, factores fundamentales dentro del proceso de planeación (Van der Heijden, 2006).

Conversación estratégica

Los modelos de aprendizaje continuo muestran las relaciones existentes entre el pensamiento y la acción. Si las acciones se encuentran basadas en la planeación sobre modelos mentales institucionales, las acciones de la corporación y de los individuos subyacerán sobre una filosofía de valores y modelos de pensamiento compartidos (Van der Heijden, 2006). Esto ocurre sólo si los elementos involucrados dentro de los procesos de comunicación, conversación y observación (conversación estratégica), tanto individuales como colectivos, se encuentran embebidos dentro

de la visión del mundo de la organización. Similarmente, las nuevas percepciones, amenazas y oportunidades, basadas en la reflexión sobre las experiencias actuales y pasadas, pueden ser vislumbradas a través una política institucional a través de la conversación estratégica de las situaciones. Una conversación estrategia efectiva debe incluir los valores y las visiones del mundo de cada uno de los miembros de la corporación. En el inicio de dicha conversación muchos pensamientos e ideas parecerán como visiones inconexas y no estructuradas de la realidad y el futuro; pero a través del tiempo, dichos elementos se interconectan formado una estructura coherente y, sobre todo, plausible lo cual da como resultado un proceso efectivo de retroalimentación y aprendizaje que permite además la incorporación de nuevos elementos a la planeación organizacional.

Para la el desarrollo efectivo de la conversación estratégica se requiere en primera instancia de todos los lenguajes que se puedan incorporar para la descripción del objeto. Algunos de estos lenguajes involucrados en la estrategia se encuentran codificados de forma expresa y son del dominio público (Ejemplos: libros de texto, artículos, caso de estudio, entre otros). Otro tipo de estos lenguajes forman parte del conocimiento codificado de la empresa y pertenecen a descripciones incorporadas mediante experiencias pasadas, en cuanto a la resolución de problemas se refiere. La incorporación institucional del conjunto de lenguajes dentro de la corporación, permite la descripción de nuevas realidades en donde fundamentalmente no se trata de imponer puntos de vista o ideas, sino más bien se trata de una negociación de posiciones, en donde el análisis de la competencia, la utilidad y la viabilidad de las ideas, en referencia a una visión del mundo compartida de forma institucional, sin llegar al desarrollo de un *Group Think* que pueda minar no sólo la creatividad de la organización, sino también el surgimiento de nuevas formas de descripción de la realidad, así como las capacidades innovativas de la empresa (Van der Heijden, 2006).

Dentro del enfoque norteamericano se tiene una serie de pasos que se deben de considerar para el desarrollo e implementación de escenarios prospectivos; a continuación se presentan una serie de pasos necesarios para tal fin (ver Figura 2.3), como son:

- 1) *Identificación del objeto focal o el objeto de la decisión*: Dentro del desarrollo de escenarios resulta más adecuado empezar con un enfoque desde el interior hacia el exterior, esto es debido a que el objeto o la decisión se construye primeramente desde el interior de la organización, proyectándose hacia el entorno o ambiente exterior, teniendo siempre en cuenta, cuáles pueden ser las consecuencias a largo plazo y las decisiones que se deben tomar con la finalidad de prepararse de forma efectiva ante un futuro incierto dentro de un ambiente dinámico. Lo anterior se debe realizar considerando el sector y el campo en el cual se desarrollarán las acciones y las decisiones.
- 2) *Fuerzas clave dentro del entorno local*: El segundo paso en la construcción de escenarios es el listar los factores clave (*key factors*) que producen una influencia determinante en el éxito o el fracaso de las decisiones, afectando de manera importante los resultados esperados. Dentro de este paso se deben identificar todas aquellas variables de interés que influyen dentro del ámbito local/regional (actores clave, etc.), es decir, se tienen que explorar los microescenarios que deberán de ensamblarse/interrelacionarse de una manera u otra con las fuerzas motrices a nivel global.
- 3) *Fuerzas motrices o direccionales (driving forces)*: Toda vez que los factores clave han sido identificados y enumerados, el siguiente paso consiste en listar las fuerzas motrices dentro de un entorno macroambiental (que afectan de forma directa o indirecta a los factores antes identificados factores clave) dentro del ámbito social, político, económico, ambiental y tecnológico. Esta etapa requiere de un gran esfuerzo, estudio e investigación dentro de diferentes medios, ya sean éstos impresos y/o digitales. Entre uno de los esfuerzos primordiales en esta fase se encuentra la identificación de manera efectiva de las tendencias o las posibles rupturas de tendencias a nivel local y global.
- 4) *Jerarquización: importancia e incertidumbre*: En esta etapa se procede a jerarquizar los factores clave y las fuerzas motrices, con base en dos criterios como el grado de importancia para el éxito del objeto focal o

decisión identificada en la primera etapa, y el grado de incertidumbre que rodea a dichos factores y tendencias; para ello se deben tratar de identificar las más importantes y las que tengan el mayor grado de incertidumbre.

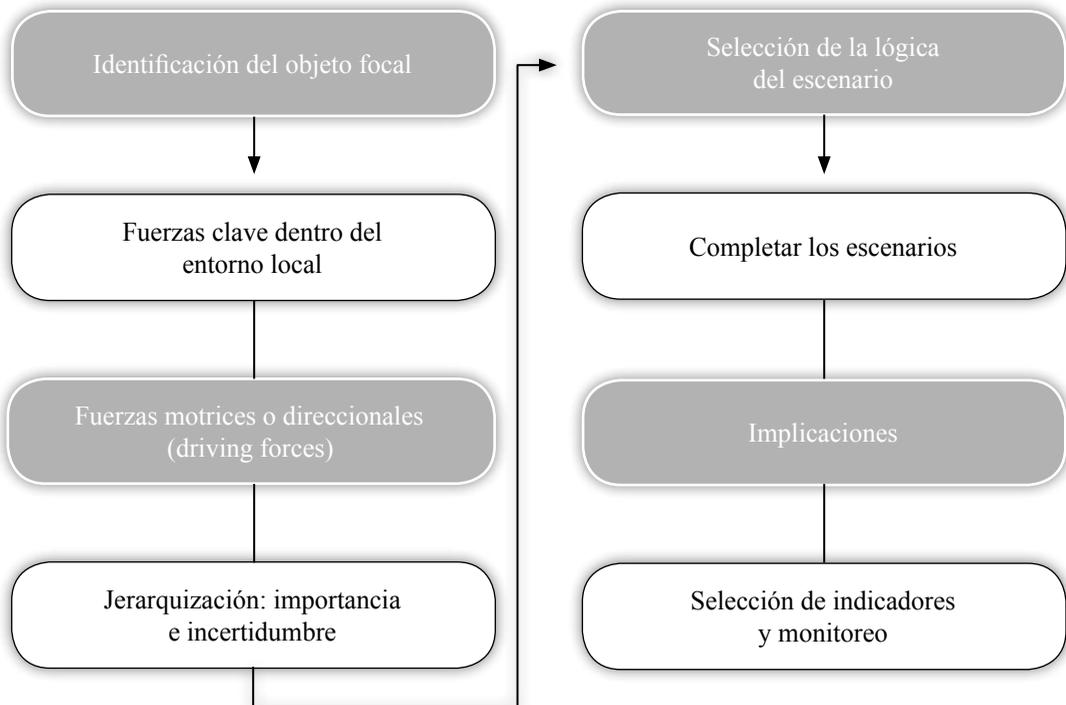


Figura 2.3. Enfoque norteamericano para la construcción de escenarios

Fuente: Elaboración propia.

5) Selección de la lógica del escenario: Como resultado de la jerarquización de acuerdo a su importancia e incertidumbre, se prosigue a la obtención de los ejes principales a través de los cuales se diferenciarán los diferentes escenarios propuestos. La determinación de dichos ejes resulta ser la parte fundamental del proceso. El objetivo de esta fase es la de obtener una cantidad mínima de escenarios posibles que marquen la diferencia dentro del proceso en toma de decisiones. Si los escenarios se encuentran en función de herramientas de aprendizaje, éstos deben basarse en el éxito de la decisión focal. Todas

las diferencias fundamentales entre las fuerzas motrices deben ser pocas en número, con la intención de desarrollar las diferentes proliferaciones en cada uno de los escenarios alrededor de la incertidumbre inmersa en cada factor. Solamente algunos de los escenarios deberán de analizarse y desarrollarse a detalle, de lo contrario el proceso se disipa ante la cantidad de información. En relación a lo anterior se debe de jugar con el conjunto de elementos u objetos hasta que se reconfigure y reagrupe de forma coherente cada uno de los elementos que intervienen dentro del proceso, de tal forma que el escenario cobre cierta lógica y pueda derivar de éste, una historia congruente y creíble. Una vez que los ejes cruciales de incertidumbre han sido identificados, resulta beneficioso presentarlos en forma de un espectro (a lo largo del eje), una matriz (en dos ejes) o un volumen (en tres ejes), en donde deben ser identificados los escenarios pertinentes, así como las características y los detalles de cada uno de éstos. Los escenarios usualmente requieren extenderse más allá de una lógica simple que permita abarcar los diferentes factores y fuerzas que intervienen en el proceso. Dentro de los resultados se pueden encontrar diferentes tipos de lógicas, características y tendencias que permiten el trazo del escenario de forma efectiva, dando como resultado un futuro posible dentro del análisis.

- 6) *Completar los escenarios:* Así como las fuerzas interactuantes determinan la lógica que permite la diferenciación de escenarios, el desarrollo del esqueleto de éstos puede ser completado revisando nuevamente las fuerzas motrices y los factores claves identificados y desarrollados dentro de las primeras fases. A cada factor y tendencia debe prestársele especial interés y atención en cada uno de los escenarios desarrollados. Algunas veces se hace aparente el grado de incertidumbre de cada variable, resultando en otras, difícil su determinación. Se debe ser cuidadoso y prestar una atención particular en el entrelazamiento de la narrativa; para ello se debe responder a la interrogante ¿Cuáles son los eventos que se requieren para que el escenario sea plausible?
- 7) *Implicaciones:* Toda vez que los escenarios han sido desarrollados con cierto detalle, se hace necesario retornar al objetivo focal o decisión (identificada

en el primer paso), con el objetivo de ensayar y reconstruir el futuro, es decir, ¿Cómo dicho elemento puede verse dentro de cada escenario? ¿Qué vulnerabilidades pueden ser reveladas? ¿Es la decisión robustecida a través de todos los escenarios, o solamente en alguno o ninguno? Si la decisión encuadra solamente en uno de los escenarios, éste entonces cualifica como el escenario más riesgoso para la organización y en el cual se debe basar la estrategia de la corporación, especialmente si se tiene un escaso control sobre la probabilidad de ocurrencia del escenario.

8) *Selección de indicadores y monitoreo*: Resulta de gran importancia el conocer tan pronto sea posible cuál de los escenarios de todos los propuestos, se encuentra de forma más cercana a la realidad en curso. En ocasiones el curso de la historia es obvio, especialmente cuando se tienen en cuenta los factores económicos de forma global; en otras situaciones los posibles resultados o acontecimiento que pudiesen acontecer pudieran parecer inverosímiles o no ser tan obvios; pero no por ello no plausibles. Toda vez que los diferentes escenarios se han desarrollado y completado y las implicaciones del objeto focal han sido determinadas, se requiere del establecimiento de ciertos indicadores de seguimiento tendientes al monitoreo del entorno, con la finalidad de implementar las estrategias necesarias con efectos preparativos hacia un futuro incierto, pero esperado.

El equipo de trabajo para la construcción de escenarios, debe estar conformado por personal de todos los niveles administrativos dentro de la organización, los cuales deben contar con un nivel imaginativo aceptable. La construcción de escenarios resulta ser una actividad participativa de forma intensa, y en la cual la efectividad y el éxito de las estrategias dependen en gran medida de la integración, compromiso, capacidad y la disciplina de los integrantes del grupo de trabajo. Dentro de este contexto, se recomienda tener en cuenta ciertas consideraciones adicionales para la creación de escenarios entre las cuales se encuentran las siguientes (Swartz, 1996):

a) Se debe tener especial cuidado en la obtención de la menor cantidad de escenarios relevantes (3-5), así como la identificación de éstos (nombre,

título, etc.), cabe señalar que el título deberá describir de forma certera el escenario en cuestión. Cuando un escenario es nombrado o identificado con ciertas palabras o frases, éstas pueden influir de forma negativa o positiva en los participantes dentro del desarrollo, perdiéndose las ventajas de dicha metodología (más si pretende establecer como punto de partida de un pronóstico). Cuando dentro del proceso se desarrolla una cantidad grande de escenarios, las decisiones y las distinciones tienden a oscurecerse y a hacerse difusas, perdiéndose el significado y la esencia de la metodología.

- b) En general, resulta contraproducente la asignación de probabilidades a los escenarios en análisis, esto es debido a que puede ser considerado solamente el escenario que posea una mayor probabilidad. La asignación de probabilidades con fines comparativos resulta inoperante dentro del análisis de los escenarios, ya que se parte del principio de que cada escenario se desarrolla en ambientes y condiciones radicalmente diferentes.

2.3.5.3. El enfoque nórdico

En la construcción de escenarios tecnológicos existen diversas técnicas que han mostrado su eficacia en la creación de un marco de referencia para la construcción de escenarios. En años recientes se ha desarrollado una metodología para la planeación de escenarios, como consecuencia de la conformación de una nueva escuela prospectiva liderada por Mats Lindgren y Hans Bandhold (2003). Dentro de este enfoque se utiliza una técnica llamada TAIDA® (acrónimo de: Tracking, Analysing, Imaging, Deciding y Acting) la cual consta de 5 (ver Figura 2.4):

- 1) *Tracking*: El propósito principal de dicha etapa es la trazar y describir los cambios en el entorno que nos rodea, los cuales tengan o puedan tener cierto impacto dentro el objeto focal, mediante la búsqueda de información relevante acerca del objeto de interés.
- 2) *Analysing*: Una vez que la etapa anterior ha finalizado, el próximo paso será el analizar los cambios y la generación de escenarios.

- 3) *Imagin*: Después de reunir la información pertinente derivada del análisis de los futuros plausibles, se procede a la creación de imágenes del objeto deseado, es decir, las visiones.
- 4) *Deciding*: En esta fase del proceso se identifican las áreas de desarrollo y la estrategias tendientes a alcanzar las visiones, objetivos y metas.
- 5) *Acting*: Generalmente los planes en sí mismos raramente proporcionan resultados. En esta etapa lo que procede es la implementación de los planes traducidos en acciones tangibles con la finalidad de obtener los resultados deseados dentro del proceso.

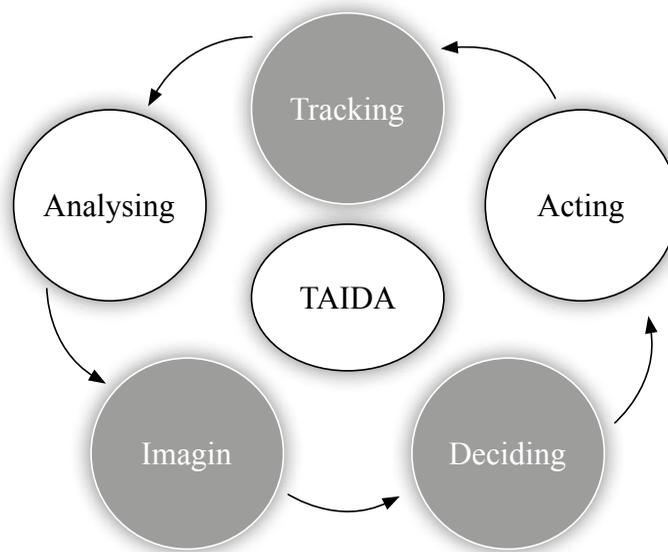


Figura 2.4. El enfoque nórdico para la construcción de escenarios

Fuente: Elaboración propia.

Bajo los principios antes enunciados se debe desarrollar el quehacer prospectivo siguiéndose las acciones de preparación, tareas, rastreo, análisis, imaginación, decisión y acción, las cuales pueden definirse de la manera siguiente:

- 1) *Preparación*: La fase de inicio de un proyecto resulta ser extremadamente importante, esto es debido a que en la fase de preparación se deberán de establecer todos aquellos prerrequisitos que permitan el desarrollo del proceso de planeación, de la mejor forma posible; si bien es cierto que la dirección que pueda tomar el futuro es incierta, resulta factible prepararse de una forma adecuada ante cualquier evento inesperado, derivado de un futuro posible.
- 2) *Tareas y prerrequisitos*: Es posible observar el futuro de la organización de una forma sistémica. Lo anterior puede ser una aproximación productiva especialmente cuando las acciones y los mercados son similares. Por otro lado, si la organización resulta ser un conglomerado de acciones dispares, probablemente la metodología le será de poca o de ninguna utilidad a la empresa. Por lo cual en dichos casos resulta conveniente realizar un análisis profundo, tomando en cuenta aquellas operaciones que se encuentren expuestas a un entorno complejo (sistema específico), caracterizado por cambios rápidos. Es decir, en ocasiones de análisis de sistemas específicos, pueden derivar en estrategias o elementos aplicables a niveles superiores dentro de la corporación. Además de considerar lo anteriormente expuesto, dentro de esta etapa deberán definirse los siguientes aspectos: (1) Definición del propósito; (2) Definición de la pregunta focal (o preguntas); (3) Definición del horizonte de tiempo; (4) Definición del presente y del pasado; y (5) Definición de la situación actual.
- 3) *Rastreo*: Toda vez que se cuenta con un propósito claro, diferentes preguntas focales, un horizonte de tiempo determinado (no menor a 5 años), y con una descripción adecuada del pasado y del presente (resulta más conveniente la realización de mapas, tanto del presente como del pasado), se procede al seguimiento de los cambios dentro del entorno que afectan a las preguntas focales. El seguimiento o rastreo, se relaciona con la identificación de tendencias, fuerzas e incertidumbres que afectan o pueden influenciar el curso de las acciones o del futuro. Generalmente, las organizaciones enfocan sus perspectivas desde adentro hacia fuera,

comenzando con una revisión en los consumidores, en la competencia, en sus estructuras y la tecnología dentro del entorno de acción, dejando de lado aquellas fuerzas que afectan el entorno en el cual se desarrollan. Las tendencias son aquellas fuerzas que marcan un cambio profundo dentro de un entorno en cuestión, éstas a su vez determinan la dirección del futuro y de los posibles resultados dentro de un horizonte de tiempo, produciendo cambios importantes en la dinámica del mercado. Para la identificación de tendencias puede utilizarse un escaneo de medios, el método Delphi, paneles de expertos y el enfoque de grupos, entre otros.

- 4) *Análisis*: A menudo, después del rastreo se obtiene un número considerable de tendencias inconexas que abarcan numerosas áreas. Generalmente, al realizar un análisis detallado sobre dichas tendencias, se observará que algunas se relacionan entre sí y otras resultan ser consecuencias o dependientes de otras. El análisis consiste en la identificación de las fuerzas y las consecuencias que éstas generan, además de la identificación de las interacciones y de la forma en que afectan dichas tendencias al sistema de forma global.

Es necesario que las tendencias no se analicen de forma aislada, sino más bien, lo que se requiere es la construcción de un lazo causal en donde sean presentadas las interacciones y dependencias entre las diferentes tendencias identificadas. De lo anterior se obtiene un sistema (a veces complejo) de causalidades, orígenes y dependencias entre las tendencias. Posteriormente se realiza un resumen de las tendencias y las dependencias e interacciones entre éstas, con el objeto de iniciar la construcción de los escenarios.

Es importante mencionar que antes de iniciar la construcción del escenario se deben incorporar las incertidumbres que rodean a cada una de las tendencias de forma ordenada y jerarquizada, con la finalidad de realizar las combinaciones lógicas posibles que permitan determinar la dirección o en el curso de los resultados de forma directa, dejando en segundo plano aquellas que afecten de forma indirecta. Dichas incertidumbres pueden ser representadas en dos o tres planos, con

el afán de dar un seguimiento hipotético a través de los ejes de las incertidumbres consideradas, todo ello con vistas a observar el posible curso del futuro dentro del entorno considerado.

Dentro de esta etapa resulta de especial importancia el título de cada uno de los escenarios, ya que dependiendo de la forma en que se identifiquen éstos, afectarán de manera positiva o negativa las preferencias de los participantes. El título de los escenarios deberá ser corto, descriptivo y distinto para cada uno de los escenarios considerados. En este sentido es importante señalar que los escenarios no son estados finales dentro de la planeación, éstos resultan ser una descripción vívida y narrativa de un posible curso del futuro. Una historia completa incluye las respuestas sobre las preguntas o cuestiones fundamentales: ¿Qué?, ¿Cómo?, ¿Cuándo?, ¿Por qué?, ¿Quién?, etc., cuidando de que la lógica sea clara y diferenciada para cada uno de los escenarios involucrados.

- 5) *Imaginación*: La visión es una noción cargada de forma positiva del futuro deseado. La visión generalmente posee dos componentes. El primero, la visión crea significado y otorga identidad, creencia, guía e inspiración. El segundo, ésta se enfoca en el objetivo, con expectativas claras y prometedoras en la adquisición de compromisos. Existen dos tipos de visiones: (1) La audaz (objetivos a alcanzar con un horizonte de tiempo entre 10 y 30 años); este tipo de visiones y objetivos tardan décadas en alcanzarse, son concretos, y se encuentran dentro de éstos, una motivación grande. Dichas visiones no requieren de explicación alguna, siendo los resultados tangibles con un alto grado de enfoque hacia el objetivo; y (2) Aquellas que son una descripción vívida de lo que puede ser, tener o querer para alcanzar el objetivo: esta descripción permite un entendimiento ejemplarmente claro del significado de las palabras, y su éxito radica en alcanzar el objetivo anteriormente planteado. Las visiones, aunque hasta cierto punto intangible, se muestran dentro y fuera de la organización como la situación, posición y logros actuales y/o futuros.

Si las visiones resultan ser demasiado ambiciosas, generalmente los involucrados observarán que los esfuerzos y los sacrificios pueden resultar sino imposibles por lo menos desgastantes, lo que provocará la no plausibilidad de la visión; si la visión se enfoca de manera implícita o explícita a tareas convencionales, solamente se tendrá una simulación de los logros. La visión ideal es aquella que en su interior subyace un cambio de formas o ruptura de barreras que requieren un enfrentamiento de desafíos, los cuales no son imposibles de alcanzar.

6) *Acción*: Dentro de esta etapa las estrategias seleccionadas en la fase anterior, se colocan en movimiento de cara a una preparación adecuada y efectiva hacia un futuro, sea éste deseado o no. Es importante recalcar la necesidad del desarrollo y el establecimiento de indicadores que permitan una detección temprana de los posibles cambios dentro del ambiente de interés, es decir, la identificación de cambios importantes dentro del mercado de acción mediante el monitoreo del entorno, teniendo siempre en mente que la planeación mediante escenarios no es una fotografía instantánea del futuro, sino más bien un proceso dinámico y permanente dentro de la toma de decisiones.

7) *Decisión*: Dentro de la fase de decisión se estructura de forma coherente el escenario construido, y es en esta parte del proceso en donde se deben identificar los cambios dentro del entorno, además de desarrollar las estrategias pertinentes con el objeto de prepararse ante un futuro incierto, pero plausible. Para ello se hace necesaria la utilización de diversas técnicas dentro de las cuales el árbol de planeación ha demostrado ser de gran utilidad en el desarrollo e identificación de estrategias. Las raíces de dicho árbol la conforman las fuerzas principales generadoras del movimiento, siendo el tronco las tendencias identificadas dentro del escenario en cuestión; las ramas son las consecuencias de las tendencias.

Mediante dicha técnica se obtienen clústeres de consecuencias que pueden ser analizados de una visión sistémica dentro del proceso, observando

las relaciones e interconexiones entre cada una de las consecuencias y tendencias, dando como resultados nuevos clústeres de información y/o nuevos segmentos de mercado no identificados anteriormente. Así mismo, pueden generarse ideas sobre nuevas estrategias, considerando los posibles factores que conducirían al éxito en cada uno de los escenarios, dando a lugar estrategias enfocadas a la implementación de dichos factores.

De igual forma, para la generación de estrategias se pueden utilizar otras técnicas como la generación de estrategias mediante la evaluación de activos y/o competencias, la utilización de las visiones como generadas de estrategias o la de clústeres de ideas dentro de estrategias embrionarias. Dentro de esta etapa del proceso se requiere de una valuación efectiva de las estrategias sugeridas o identificadas, para ello se pueden utilizar diversas técnicas como el análisis WUS (Want, Utilize and Should), la matriz de impactos cruzados, diagramas y lazos causales, comparativos entre ciclos de vida y competidores, etc.

2.4. Metodología

La teoría de opciones reales y la de escenarios pueden ser integradas para el establecimiento de un marco de referencia para el desarrollo de la planeación estratégica corporativa. Dicha teoría combinada ha sido propuesta por Miller *et al.*, (2003), la cual analiza una gama de oportunidades y opciones, pasando de lo particular a lo general, y moviéndose desde las unidades de negocio hasta llegar al nivel corporativo. Dicha teoría permite analizar las diferentes opciones dentro de un portafolio, correlacionando diversas variables de interés mediante el desarrollo de opciones reales, con el objetivo de identificar y evaluar los riesgos potenciales dentro de un ambiente dinámico considerando que las variables de interés se comportan de forma estocástica a través del tiempo y no de forma lineal. El objetivo de esta metodología es el de obtener los elementos necesarios para la valuación de las alternativas de inversión mediante la obtención de un panorama más amplio, que permita identificar las oportunidades y factibilidades de los diferentes proyectos dentro de un portafolio de opciones financieras. La metodología consta de cuatro etapas:

- 1) Etapa 1 – Planeación del escenario.
- 2) Etapa 2 – Identificación de las exposiciones.
- 3) Etapa 3 – Elección de las opciones reales (proyectos de inversión).
- 4) Etapa 4 – La implementación.

Si bien es cierto, la metodología en cuestión se presenta como una primera aproximación para la evaluación de proyectos utilizando opciones reales y escenarios. Dicha metodología, propuesta por Miller *et al* (2003), resulta en ocasiones, difícil de implementar, esto es debido a que continuamente se regresa de una etapa a otra, entremezclando elementos y variables dando como resultado un sistema de difícil aplicación. En la primera etapa se planea el desarrollo de los escenarios como tal; en la segunda, se identifican las exposiciones, es decir, las diferentes fuerzas claves dentro del escenario, agrupándolas de acuerdo a que si es una variable externa, interna o del sector en cuestión; en la tercera se evalúan las opciones reales incorporando las estrategias, las contingencias e incertidumbres, volviendo a filtrar las variables en cuestión; en la cuarta, se implementan las estrategias más convenientes y se desarrollan los sistemas de monitoreo e indicadores, así mismo se habla de flexibilizar la organización sin proponer la metodología para lograrlo. Es por lo anterior que se ha propuesto una variante que resulte ser más comprensiva, práctica y funcional, que no sólo permita una hilación adecuada entre cada una de las etapas propuestas, sino que también sea una herramienta de aprendizaje continuo dentro del ámbito organizacional.

La metodología propuesta consta de las siguientes etapas:

- 1) *Valuación económica del proyecto de inversión:* en esta etapa se considera la valuación económica del proyecto, tomando en cuenta los flujos de efectivo del dinero a través del tiempo, así como la elaboración de la estructura de plazos (de las tasas de descuento) de la propuesta de inversión. Dentro de esta fase se debe de considerar:

- a) Construcción y selección de la estructura de plazos.
 - b) Valuación del proyecto mediante la utilización de opciones reales, de acuerdo al criterio de interés (abandono, expansión, cambio tecnológico, realización, etc.) para cada tipo de opción existen diversas ecuaciones y criterios de evaluación).
 - c) Valuación del proyecto de inversión mediante el criterio del Valor Presente Neto.
 - d) Comparación entre opciones reales y el *VPN*.
- 2) *La construcción de escenarios puede realizarse de diversas maneras a saber, ya sea de manera proyectiva o deductiva.* La primera, trata de identificar las posibles consecuencias de los eventos actuales y pasados, con el objeto de determinar el posible curso de las acciones y sus efectos correspondientes en el entorno en que estamos situados en la actualidad.

La segunda, el escenario se construye a partir de un evento tope o final como (forma deductiva), y a partir de éste, se van construyendo las posibles causas que podrían originar dicho evento. Para la construcción de los escenarios, partiendo de la primera forma, se requiere de la realización y el desarrollo de las siguientes etapas (para este caso en particular se utilizará el enfoque norteamericano):

- a) Identificación del objeto focal o el objeto de la decisión (el porqué del escenario).
- b) Identificación de las fuerzas clave dentro del entorno local.
- c) Identificación de las fuerzas motrices o direccionales (driving forces).
- d) Jerarquización: importancia e incertidumbre.
- e) Selección de la lógica de los escenarios.
- f) Completar escenarios.

Para la construcción de los escenarios, partiendo de la segunda forma, se requiere de la utilización ciertas técnicas adaptadas a partir de estudios de riesgo a procesos industriales, utilizadas para el análisis de consecuencias. Las etapas a desarrollar son las siguientes:

- a) Identificación del evento tope (evento futuro) o evento final del cual se derivará el análisis posterior.
- b) Identificación de fuerzas y actores que permitan o coadyuven a la ocurrencia del evento.
- c) Identificación de causas-origen que permitan la ocurrencia del evento tope.
- d) Descripción del escenario o de los escenarios.

Es importante mencionar, que para el presente estudio, solamente se utilizará la construcción de escenarios de forma proyectiva.

3) *Interrelación de la valuación financiera y los escenarios.* En esta etapa se requiere el desarrollo de los apartados siguientes:

- a) *Implicaciones y desarrollo de estrategias:* Se identifican las posibles vulnerabilidades que se pudieran presentar en cada uno de los escenarios desarrollados y si esa vulnerabilidad es propia de un escenario o de varios.
- b) *Selección de indicadores y monitoreo:* Una vez identificado el escenario con mayor grado de plausibilidad, se desarrolla la planeación estratégica necesaria con el objeto de prepararse para la ocurrencia de eventos futuros que pudieran poner en riesgo la estabilidad de la organización. Toda vez que se desarrolle las estrategias pertinentes, se debe de desarrollar un sistema de indicadores y monitoreo adecuado, con el objeto de dar seguimiento a aquellas situaciones o eventos de interés, retroalimentado de forma efectiva el modelo anteriormente desarrollado, con la finalidad de crear un mayor aprendizaje hacia el interior de la corporación.
- c) *Interrelación financiera-escenario:* Toda vez que se ha identificado el escenario con mayor plausibilidad y desarrollado los sistemas de indicadores y monitoreo pertinentes, se realiza un cuadro explicativo. En dicha cuadro

se coloca no sólo el resultado de la valuación económica derivada de las opciones reales y el VPN, sino también la explicación de dicha flexibilidad de inversión mediante la ocurrencia de ciertos eventos a futuro, sus posibles estrategias y las condiciones en las cuáles se cumple dicha flexibilidad y en cuáles no. Es decir, el cuadro pretende ser un resumen explicativo de la rentabilidad de un proyecto de inversión, involucrando todas la variables posibles (a favor y en contra) para el ejercicio o el abandono de la opción de inversión.

PARTE III

APLICACIÓN METODOLÓGICA

La evaluación de los proyectos de inversión de forma adecuada, resulta de vital importancia dentro las empresas. La valuación económica de los proyectos de inversión, generalmente, tornan mucho más claro el ambiente de la inversión; pero en ocasiones dicha metodología de valuación no refleja las fuerzas involucradas en el entorno, ni las posibles tendencias que pudieran suscitarse en un ambiente tan dinámico como son las nuevas tecnologías. Es por lo anterior que se presenta un caso práctico, en el cual se ejemplifica de forma sencilla la utilización de la metodología propuesta.

Tópicos

- Construcción de la estructura de plazos
 - Opciones reales en la valuación de proyectos de inversión
 - Opciones reales vs. VPN
 - Construcción y desarrollo de escenarios
 - Evaluación de escenarios
-

3.1. Introducción

Para el desarrollo y la aplicación de la metodología se decidió emplearse dentro del campo de las telecomunicaciones, en específico, la conectividad inalámbrica, esto es debido al entorno tan complejo y dinámico que se encuentra inmerso en este rubro, en donde los ciclos de vida de los productos tienden a acortarse cada vez, y en donde la competencia resulta en particular ser muy agresiva. Para ello se contactaron diversas empresas, en el rubro antes mencionado, para el desarrollo del campo de aplicación, de las cuales solamente una empresa estuvo interesada en el ejercicio. A dicha empresa se le llamará en lo sucesivo *EC-mex* (cabe señalar que el presente estudio se llevó a cabo en el año de 2008).

EC-mex, ha diseñado e implementado soluciones de conectividad para hoteles, hospitales, *hotspots*, universidades y aeropuertos desde 1996. Fue la primera compañía en América Latina en ofrecer una solución integral para habilitar cualquier propiedad con la capacidad de ofrecer un servicio de Internet de alta velocidad.

Dentro de las tecnologías y los servicios que se ofrece a los clientes se encuentran:

- Relevamiento.
- Capacitación.
- Instalación.
- Comunicación.

EC-mex en conjunto con sus clientes introduce y desarrolla proyectos de conectividad, haciendo accesible y dando sentido de negocios a la adopción tecnológica mediante el sistema *High Conect*. *High Connect* es el sistema de administración centralizada del servicio de Internet de alta velocidad desarrollado por EC-mex.

EC-mex cuenta con los siguientes servicios de soporte:

- *Soporte Al Usuario Final*

A través de un Call-Center 24x7, se brinda el soporte telefónico que al usuario final.

- *Soporte Técnico al personal de la propiedad*

Atención especializada al personal técnico y de sistemas de la propiedad. A su vez, un equipo de técnicos especializados está disponible para asistir de manera presencial, en la resolución de cualquier eventualidad.

- *Soporte Técnico on site*

Un equipo de técnicos especializados está disponible para asistir de manera presencial en la resolución de cualquier eventualidad que no pueda ser resuelta vía remota.

- Monitoreo Permanente

Un centro de operaciones (NOC-Network Operation Center) monitorea de forma constante el funcionamiento de las redes, equipos y servicios de conectividad, con la intención de anticipar cualquier eventualidad. Dentro de la compañía se utilizan dos tipos de tecnología para la solución de necesidades a los clientes como son:

- ADSL
- Wi-Fi

3.1.1. ADSL

ADSL, son las siglas de *Asymmetric Digital Subscriber Line* ("Línea de Abonado Digital Asimétrica"). ADSL es un tipo de línea DSL. Consiste en una línea digital de alta velocidad, apoyada en el par simétrico de cobre que lleva la línea telefónica convencional o línea de abonado, siempre y cuando el alcance no supere los 5,5 km medidos desde la Central Telefónica. Esta tecnología se denomina *asimétrica* debido a que la velocidad de descarga (desde la Red hasta el usuario) y de subida de datos (en sentido inverso) no coinciden. Normalmente la velocidad de descarga es mayor que la de subida. En una línea ADSL se establecen tres canales de comunicación: que son el de envío de datos, el de recepción de datos y el de servicio telefónico normal.

Cuadro 3.1. Comparativa de velocidades en ADSL

	ADSL	ADSL2	ADSL2+
Ancho de banda de descarga	0,5 MHz	1,1 MHz	2,2 MHz
Velocidad máxima de subida	1 Mbps	2 Mbps	2 Mbps
Velocidad máxima de descarga	8 Mbps	12 Mbps	24 Mbps
Distancia	2 km	2,5 km	2,5 km
Tiempo de sincronización	10 a 30 s	3 s	3 s
Corrección de errores	No	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia.

La ADSL es una tecnología de acceso a Internet de banda ancha, lo que implica capacidad para transmitir más datos, lo que a su vez se traduce en mayor velocidad. Esto se consigue mediante la utilización de una banda de frecuencias más alta que la utilizada en las conversaciones telefónicas convencionales (300-3.400 Hz), por lo que, para disponer de ADSL, es necesaria la instalación de un filtro (llamado *splitter* o discriminador) que se encarga de separar la señal telefónica convencional de la que será usada para la conexión mediante ADSL.

3.1.2. Wi-Fi

Cuando hablamos de WIFI nos referimos a una de las tecnologías de comunicación inalámbrica más utilizada hoy en día. WIFI es una abreviatura de *Wireless Fidelity*, también llamada WLAN (*wireless lan*, red inalámbrica) o estándar IEEE 802.11.

En la actualidad existen diversos tipos de comunicación WiFi:

- 802.11b, que emite a 11 Mb/seg, y
- 802.11g, más rápida, a 54 MB/seg.

Debido a que se ha hecho a su velocidad y alcance (unos 100-150 metros en hardware asequible), lo convierten en una fórmula perfecta para el acceso a Internet sin cables.

Una WLAN es un sistema de comunicaciones de datos que transmite y recibe datos utilizando ondas electromagnéticas en lugar del par trenzado, coaxial o fibra óptica utilizado en las LAN convencionales, y que proporciona conectividad inalámbrica de igual a igual (*peer to peer*), dentro de un edificio, de una pequeña área residencial/urbana o de un campus universitario. Otro aspecto a destacar es la integración de las WLAN en entornos de redes móviles de 3G (UMTS) para cubrir las zonas de alta concentración de usuarios (los denominados *hot spots*), como solución de acceso público a la red de comunicaciones móviles.

Otra tecnología de acceso inalámbrico en áreas de pequeña extensión (WPAN/WLAN Personal Area Network) es la denominada Bluetooth, que, aunque pueda

parecer competencia directa de las WLAN, es más bien complementaria a ella. Bluetooth pretende la eliminación de cables, como por ejemplo todos los que se utilizan para conectar el PC con sus periféricos, o proporcionar un medio de enlace entre dispositivos situados a muy pocos metros, sirviendo también como mando a distancia. Las WLAN tienen su campo específico de aplicación específico, igual que Bluetooth; y ambas tecnologías pueden coexistir en un mismo entorno sin interferirse, gracias a los métodos de salto de frecuencia que emplean. Sus aplicaciones van en aumento y, conforme su precio se vaya reduciendo, serán más y más los usuarios que las utilicen, por las innegables ventajas que supone su rápida implantación y la libertad de movimientos que permiten.

3.2. Planteamiento del problema

3.2.1. Introducción

Debido al surgimiento y la creación de nuevas tecnologías, tanto de parte de la empresa como de sus competidores y proveedores, la compañía deseaba realizar el cambio y/o incorporación de una nueva tecnología, con la finalidad de expandir su mercado, proveer un mejor servicio a sus clientes y la utilización de nuevas y mejores tecnologías en el desarrollo de sus actividades y la de sus clientes.

Es por lo ya enunciado, que en primera instancia se requiere de la valuación financiera del proyecto con el objeto de observar la rentabilidad de dicho proyecto de inversión en un horizonte de tiempo no muy lejano; pero a su vez requiere de la exploración del entorno competitivo dentro de ese mismo horizonte, con el afán de crear e implementar estrategias adecuadas alineadas con la misión, los valores y el objetivo de la corporación, con el objeto de ser más competitivos dentro del segmento de mercado en donde realizan sus actividades, todo ello con miras de prepararse para el futuro. La tecnología que se pretende incorporar dentro de la empresa es el sistema de conectividad inalámbrico de WiMAX. A continuación se hace una breve descripción de dicha tecnología.

WiMAX (del inglés *Worldwide Interoperability for Microwave Access*) es un

estándar de transmisión inalámbrica de datos (802.16 MAN) que proporciona accesos concurrentes en áreas de hasta 48 km de radio y a velocidades de hasta 70 Mbps, utilizando tecnología que no requiere visión directa con las estaciones base. WiMax es un concepto parecido a Wi-Fi (Wireless Fidelity), pero con mayor cobertura y ancho de banda. Wi-Fi fue diseñada para ambientes inalámbricos internos como una alternativa al cableado estructurado de redes y con capacidad sin línea de vista de muy pocos metros. WiMax, por el contrario, fue diseñado como una solución de última milla en redes metropolitanas (WAN) para prestar servicios a nivel comercial. Una red combinada de WiFi e implementación WiMAX ofrece una solución más eficiente con base a costos, que una implementación exclusiva de antena direccional de Wi-Fi.

3.2.2. Valuación financiera del proyecto de adopción

Para la valuación financiera del proyecto tecnológico, en donde se ve involucrado el rendimiento en función del tiempo (de forma estocástica y no lineal), se procede en primera instancia a estimar la estructura de plazos, con la finalidad de determinar la tasa con la que se realizará la proyección financiera del proyecto en cuestión. Para estimar la estructura de plazos se utilizó la información de los rendimientos obtenidos por los CETES entre el 2007-03-22 y el 2007-10-11. Para la estimación de la estructura de plazos se utilizó el modelo de Vasicek y el modelo de tasa corta de Cox, Ingersoll y Ross (CIR, 1985). Lo anterior se realiza con el afán de proyectar de la mejor forma posible los rendimientos esperados por parte de la organización, mediante la utilización de diversas metodologías, con el afán de observar el comportamiento de las tasas a través del tiempo y de este modo seleccionar la que resulte más congruente dentro del ámbito financiero.

3.2.2.1. Estructura de plazos: Vasicek

Mediante los precios del bono para diferentes rendimientos, siempre que $B(t, T)$, $T \geq t$, se genera la estructura de plazos de la tasa de interés $R(t, T)$, utilizando la siguiente relación (Venegas, 2006):

$$R(t, T) = -\frac{I}{T-t} \ln B(t, T) \quad \text{Ec. 3.1}$$

En donde (Venegas, 2006):

$$R(t, T) = -\frac{I}{T-t} [r_t D(t, T) - A(t, T)] \quad \text{Ec. 3.2}$$

$$R(t, T) = -\frac{I}{T-t} \left[r_t D(t, T) - (D(t, T) - T - t) \left(b - \frac{\sigma^2}{2a^2} \right) - \frac{\sigma^2 D^2(t, T)}{4a} \right] \quad \text{Ec. 3.3}$$

$$R(t, T) = -\frac{I}{T-t} \left[r_t D(t, T) + (D(t, T) - T + t) \left(b - \frac{\sigma^2}{2a^2} \right) - \frac{\sigma^2 D^2(t, T)}{4a} \right] \quad \text{Ec. 3.4}$$

$$R(t, T) = r_t \frac{D(t, T)}{T-t} - \left(\frac{D(t, T)}{T-t} - I \right) \left(b - \frac{\sigma^2}{2a^2} \right) - \frac{\sigma^2 D^2(t, T)}{4a(T-t)} \quad \text{Ec. 3.5}$$

$$R(t, T) = r_t \frac{1-e^{-a(T-t)}}{a(T-t)} - \left(\frac{1-e^{-a(T-t)}}{1-e^{-a(T-t)}} - I \right) \left(b - \frac{\sigma^2}{2a^2} \right) + \frac{\sigma^2 (1-e^{-a(T-t)})}{4a^3(T-t)} \quad \text{Ec. 3.6}$$

Los parámetros a y b , pueden ser estimados utilizando un modelo de regresión lineal simple con el supuesto estándar de errores normales no correlacionados, o bien mediante un proceso autoregresivo de orden uno con tendencia (con intercepto). Para fines prácticos, el modelo de *Vasicek*, puede plantearse en términos discretos como una ecuación estocástica en diferencias. Si se escribe $\beta_0 = ab$ y $\beta_1 = 1 - a$, (ver Anexo 2), una versión discreta del modelo sería:

$$r_t = \beta_0 + \beta_1 r_{t-1} + \varepsilon_t \quad \text{Ec. 3.7}$$

Donde $\{\varepsilon_t\}$ son variables aleatorias independientes y normalmente distribuidas con media cero y variancia σ^2 . la media incondicional de rt es igual a (Venegas, 2006).

$$E[r_t] = \frac{\beta_0}{1 - \beta_1} = b \quad \text{Ec. 3.8}$$

Y la variancia incondicional está dada por:

$$\text{Var}[r_t] = \frac{\sigma^2}{(1 - \beta_1^2)} = \frac{\sigma^2}{1 - (1 - a^2)} \quad \text{Ec. 3.9}$$

3.2.2.2. Desarrollo del modelo de Vasicek

Una vez realizadas las operaciones matriciales (la metodología utilizada se encuentra desarrollada en el Anexo 2 del presente trabajo) se obtuvieron los siguientes coeficientes:

$$\begin{pmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.018539025 \\ 0.74235845 \end{pmatrix}$$

La variancia obtenida fue:

$$\hat{\sigma}_{\xi}^2 = \frac{(b - A\hat{\Phi})^T (b - A\hat{\Phi})}{t - 2p} = (2.15021E - 07)$$

Y la matriz de variancia-covariancia es igual a:

$$\hat{\Sigma}_{\phi_p} = \hat{\sigma}_{\xi}^2 (A^T A / t)^{-1} = \begin{pmatrix} 0.00197707 & -0.02756823 \\ -0.02756823 & 0.384455906 \end{pmatrix}$$

Por lo tanto $\Phi_1(b) = 0.018539025$; y $\Phi_2(a) = 0.74235845$; entonces, $\beta_0 = ab$, y $\beta_1 = 1 - a$. Una versión discreta del modelo sería la siguiente:

$$r_t = \beta_0 + \beta_1 r_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$rt = 0.0720 + 0.2576r_t$$

La estructura de plazos definida a través de la ecuación 3.5 con $a = 0.0720$, $b = 0.2576$, $r_t = 0.0717$ y $\sigma = 0.0004637$, por lo que se obtiene:

ESTRUCTURA DE PLAZOS ESTIMADA VASICEK (1 año)

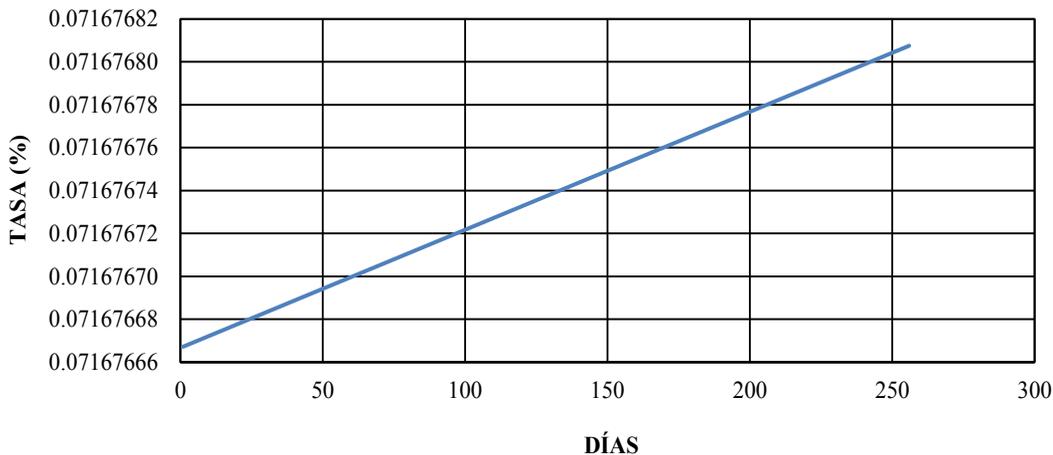


Figura 3.1. Estructura de plazos a 1 año estimada con Vasicek

Fuente: Elaboración propia.

ESTRUCTURA DE PLAZOS ESTIMADA VASICEK (10 años)

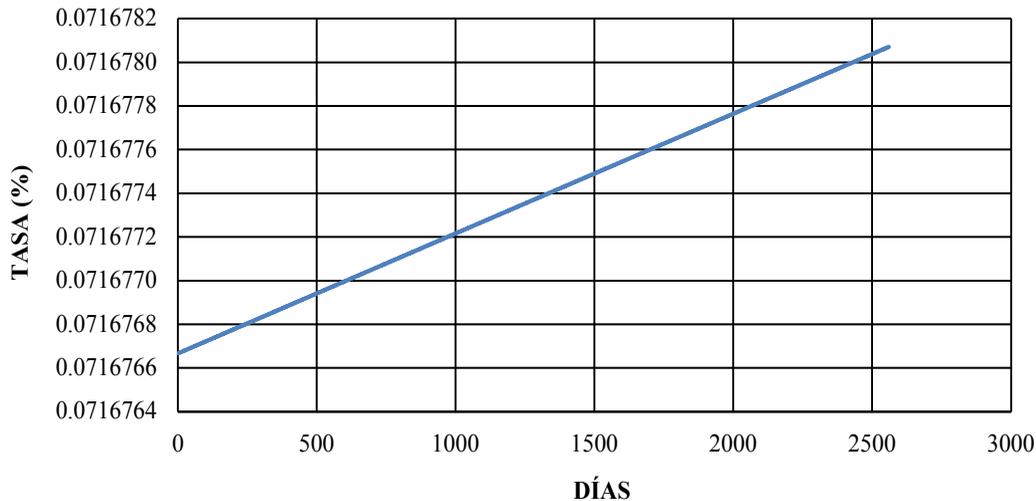


Figura 3.2. Estructura de plazos a 10 años estimada con Vasicek

Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse en las figuras 3.1. y 3.2. , la estructura de plazos es creciente, y a largo plazo tiende a tomar el valor de 7.167%.

3.2.2.3. Estructura de plazos: Cox, Ingersoll y Ross (CIR)

En el caso del CIR (1985) es posible obtener curvas de rendimiento con pendientes positivas, con pendientes negativas o con máximos y/o mínimos. La curva de rendimiento del modelo CIR (1985), se calcula como sigue:

$$R(t, T) = - \frac{\ln B(t, T)}{T-t} \quad \text{Ec. 3.10}$$

$$R(t, T) = \frac{r_t D(t, T) - A(T-t)}{T-t} \quad \text{Ec. 3.11}$$

En donde:

$$D(t, T) = \frac{2(e^{\sqrt{a^2 + 2\sigma^2(T-t)}} - 1)}{(a + \sqrt{a^2 + 2\sigma^2}) (e^{\sqrt{a^2 + 2\sigma^2(T-t)}} - 1) + 2\sqrt{a^2 + 2\sigma^2}} \quad \text{Ec. 3.12}$$

$$D(t, T) = \frac{2ab}{\sigma^2} \ln \left[\frac{2(a + \sqrt{a^2 + 2\sigma^2})e^{a + \sqrt{a^2 + 2\sigma^2(T-t)}*0.5} - 1}{(a + \sqrt{a^2 + 2\sigma^2}) (e^{\sqrt{a^2 + 2\sigma^2(T-t)}} - 1) + 2\sqrt{a^2 + 2\sigma^2}} \right] \quad \text{Ec. 3.13}$$

3.2.2.3.1. Estimación de los parámetros del modelo CIR transformando en un modelo de varianza constante con MCO

La ecuación del modelo CIR en versión discreta puede escribirse como sigue:

$$y_{t+1} = \beta_1 y_t^{-1} + \beta_2 y_t + \varepsilon_t \quad \text{Ec. 3.14}$$

Donde $y_t = 2\sqrt{r_t}$, $\beta_1 = 2ab - (\sigma^2 / 2)$, $\beta_2 = 1 - (a / 2)$ y $\varepsilon_t \approx N(0, \sigma^2)$. Si $\tilde{\beta}_1, \tilde{\beta}_2, \tilde{\sigma}^2$

también son estimadores de mínimos cuadrados ordinarios, MCO, los cuales son de máxima verosimilitud, entonces:

$$\tilde{a} = 2(1 - \tilde{\beta}_2) \tag{Ec. 3.15}$$

y

$$\tilde{b} = \frac{2\tilde{\beta}_1 + \tilde{\sigma}^2}{4\tilde{a}} = \frac{2\tilde{\beta}_1 + \tilde{\sigma}^2}{8(1 - \tilde{\beta}_2)} \tag{Ec. 3.16}$$

Pudiéndose inferir que éstos estimadores de máxima verosimilitud también. Una vez resuelto el sistema mediante mínimos cuadrados se obtienen los siguientes resultados:

Cuadro 3.2. Parámetros estimados para el modelo CIR (MCO)

PARÁMETROS	
Coefficiente b_2	Coefficiente b_1
0.88913008	3.189626134
Coefficiente \hat{a}	Coefficiente \hat{b}
0.221739841	7.192611578
Error estándar del coeficiente	Error estándar del coeficiente
0.05379105	1.541814315
Coefficiente de determinación	Error estándar
0.99999020	0.017376094
Valor observados de F	Grados de libertad
1377729.19352765	27
Suma para la regresión de los cuadrados	Suma residual de los cuadrados
831.95184793	0.008152074

Fuente: Elaboración propia.

Con lo cual se puede calcular la estructura de plazos, mediante la utilización de las fórmulas anteriores, obteniéndose las Figuras 3.3. y 3.4. Como puede observarse en dichas gráficas, la estructura de plazos es decreciente, y a largo plazo tiende a tomar el valor de 7.19%.

ESTRUCTURA DE PLAZOS CIR (1 año)

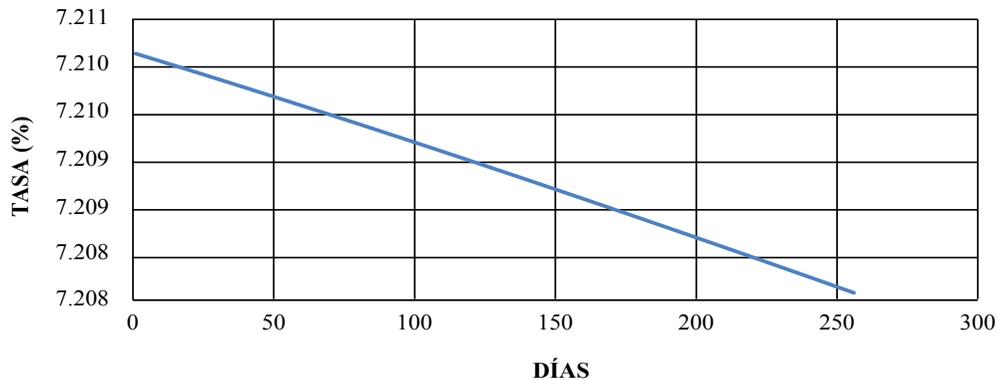


Figura 3.3. Estructura de plazos a 1 año estimada con CIR

Fuente: Elaboración propia.

ESTRUCTURA DE PLAZOS CIR (10 años)

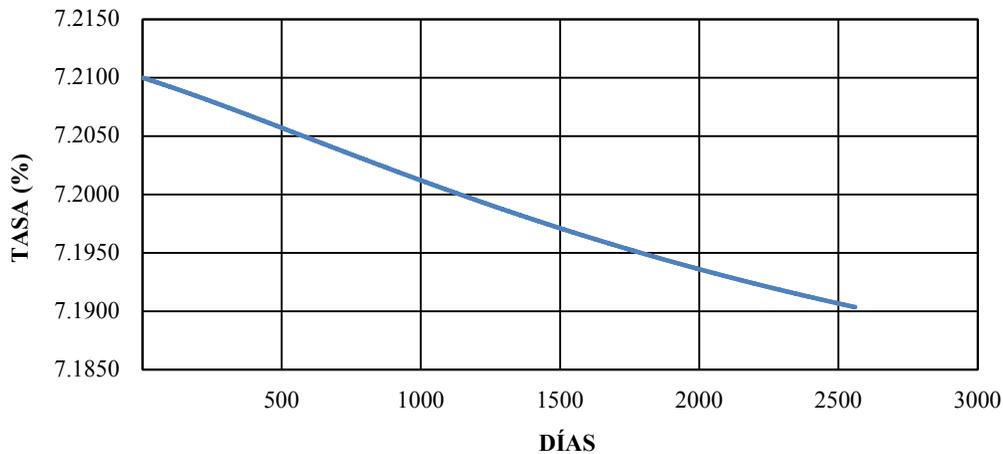


Figura 3.4. Estructura de plazos a 10 años estimada con CIR.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se presenta una gráfica comparativa entre la estructura de plazos calculada con Vasicek y CIR:

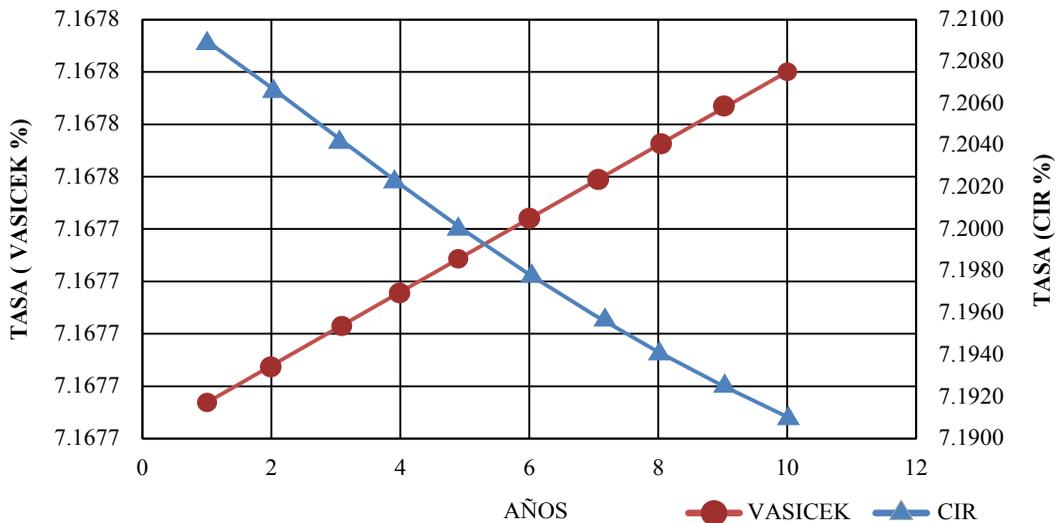


Figura 3.5. Estructura Vasicek vs CIR

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.4. Valuación financiera utilizando el modelo de Black-Scholes: Versión Europea

Una vez calculada la estructura de plazos correspondiente, se procede al cálculo del valor de la opción, con la finalidad de observar el comportamiento de la variable a través tiempo (considerando un comportamiento estocástico). Para ello se utilizó la fórmula de Black-Scholes (valuación de una opción europea) para así determinar la factibilidad del proyecto.

Para la utilización de la fórmula de Black-Scholes se debe tener especial cuidado en la estimación de las variables de entrada y las asunciones iniciales, especialmente en lo que respecta a la volatilidad, la cual usualmente resulta difícil estimarla de una forma adecuada. Sin embargo, el modelo de Black-Scholes resulta de gran utilidad en la generación y estimación del rango en el que se pueden mover el valor de las opciones reales, especialmente para *Put's* y *Call's* más genéricos. Para la valuación del proyecto se tomaron en cuenta los flujos de efectivo, la utilidad neta esperada,

la inversión inicial y las volatilidades de los flujos de efectivo a través del tiempo. Todos estos valores fueron retomados a partir del plan de negocios de inversión (el cual no es objeto del presente trabajo), con la salvedad de que dichos valores fueron modificados mediante la utilización de factores y coeficientes por aspectos de confidencialidad.

$S =$ Valor presente de los flujos de efectivo futuros (\$2,430,000.00*)

$X =$ Costo de implementación (\$ 500,000.00*)

$R =$ Tasa libre de riesgo (% , estructura de plazos de Vasicek)

$T =$ Tiempo de expiración (10 años)

$\sigma =$ Volatilidad (20%)

$\Phi =$ Distribución acumulada normal estándar

VPN Valor presente neto de las utilidades (\$400,000.00*)

I_0 Inversión inicial (\$ 2,000,000.00*)

*Las cantidades se encuentran en dólares estadounidenses.

Fórmulas (Mun, 2006):

$$Call = S\Phi\left(\frac{\ln(S/X) + (r + \sigma^2/2) T}{\sigma\sqrt{T}}\right) - Xe^{-rT}\Phi\left(\frac{\ln(S/X) + (r - \sigma^2/2) T}{\sigma\sqrt{T}}\right) \text{ Ec. 3.17}$$

y

$$Put = Xe^{-rT}\Phi S\Phi\left(-\frac{\ln(S/X) + (r - \sigma^2/2) T}{\sigma\sqrt{T}}\right) - S\Phi\left(-\frac{\ln(S/X) + (r - \sigma^2/2) T}{\sigma\sqrt{T}}\right) \text{ Ec. 3.18}$$

Para este caso en particular solo utilizaremos el *call* de la opción. Una vez determinados los valores y los parámetros procedemos al cálculo de resultados, los cuales se pueden observar en el Cuadro 3.3.

Cuadro 3.3. Cálculo y parámetros de la opción en un horizonte de 10 años

Xe^{-rt}	R(0,T) (%)	T (AÑOS)	DIST. NORMAL d1	DIST. NORMAL d2	c(0,T)	10 - c(0,T)
465,415.89	0.071677	1	1.0000000000	1.0000000000	1,964,584.11	-35,415.89
433,223.96	0.071677	2	0.9999999998	0.9999999987	1,996,776.04	-3,223.96
403,258.98	0.071676	3	0.9999999579	0.9999997301	2,026,741.03	26,741.03
375,367.10	0.071676	4	0.9999994402	0.9999960772	2,054,633.02	54,633.02
349,405.07	0.071675	5	0.9999974456	0.9999804772	2,080,595.54	80,595.54
325,239.52	0.071674	6	0.9999931949	0.9999433437	2,104,762.37	104,762.37
302,746.27	0.071673	7	0.9999866899	0.9998794133	2,127,257.90	127,257.90
281,809.68	0.071672	8	0.9999785561	0.9997887857	2,148,197.74	148,197.74
262,322.11	0.071671	9	0.9999696563	0.9996753312	2,167,689.32	167,689.32
244,183.35	0.071669	10	0.9999608023	0.9995447227	2,185,832.58	185,832.58

Así mismo, se calculó el Valor Presente Neto (VPN) de las ganancias esperadas obtenidas del estado de resultados. Los resultados los podemos observar en el Cuadro 3.4.

Cuadro 3.4. VPN esperado en el proyecto de inversión

Años	$F_i = \frac{F_0}{(1 + r_i)^i}$	$VPN = -I_0 + \sum_{i=1}^{n=i} \frac{F_0}{(1 + r_i)^i}$
1	373,246.89	-1,626,753.11
2	348,283.15	-1,278,469.96
3	324,989.27	-953,480.69
4	303,253.71	-650,226.98
5	282,972.36	-367,254.62
6	264,048.03	-103,206.59
7	246,390.03	143,183.45
8	229,913.70	373,097.15
9	214,540.03	587,637.18
10	200,195.27	787,832.45

Rendimientos esperados VPN vs. Opciones reales

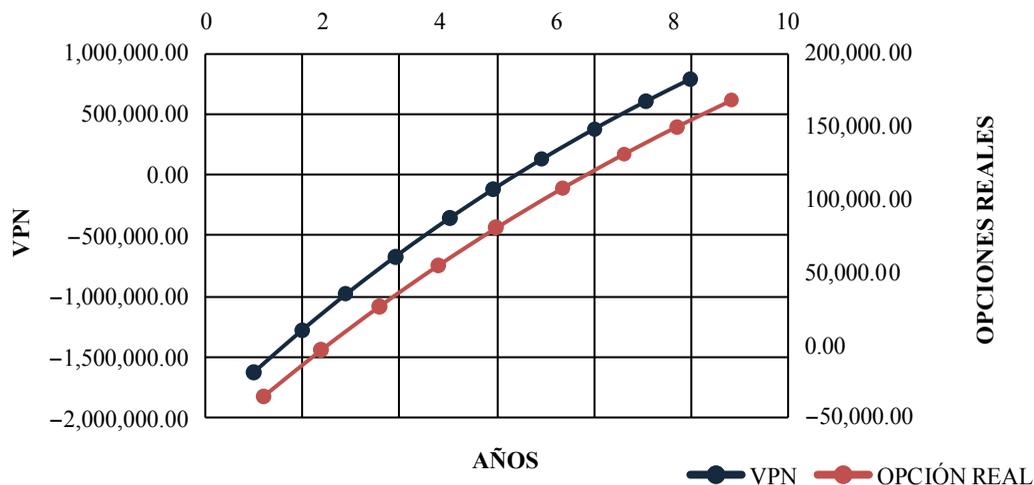


Figura 3.6 Rendimientos esperados del proyecto VPN vs. Opciones Reales

Fuente: Elaboración propia.

Si se observa con cuidado la última columna de Cuadro 3.3. y la última columna del Cuadro 3.4., es posible percatarse que, mediante el uso de opciones reales, la inversión realizada al inicio del proyecto es recuperada a partir del tercer año; en cambio, utilizando un método de proyección lineal, como es el VPN, la inversión se recuperaría hasta el séptimo año (ver figura 3.6. Si la decisión sobre la inversión resulta ser irreversible, mediante el criterio del VPN, el proyecto podría ser rechazado, ya que implicaría trabajar con pérdidas hasta el séptimo año de operación. Pero si, al contrario, cuando se tiene un criterio de la forma $\overline{VPN} = VPN + c$, se proporciona mayor flexibilidad en la valuación de un proyecto. Dicha flexibilidad u opcionalidad, de tomar en un futuro una nueva decisión, posee en un futuro, un valor presente c ; es decir $\overline{VPN} = VPN + c$, entonces aunque $VPN < 0$, si $\overline{VPN} = VPN + c > 0$ la viabilidad de extender o implementar el proyecto o estrategia, es viable. Por lo tanto, el proyecto bajo este criterio resulta viable en su realización, ya que de acuerdo con los resultados el proyecto empezaría a ser rentable a partir del tercer año.

3.3. Construcción de escenarios

3.3.1. Identificación del objeto (propósito) del desarrollo de escenarios

El objeto del presente estudio es el de desarrollar de forma exploratoria los posibles futuros que pudieran presentarse alrededor de Wi-MAX y Wi-Fi, y con base en ellos decidir la conveniencia y la factibilidad de incorporar o migrar hacia una nueva plataforma tecnológica. Lo anterior es con el objeto de expandir el mercado de acción, así como el de proveer un mejor servicio a los clientes y la utilización de nuevas y mejores tecnologías, que faciliten y mejoren de forma sustancial el desarrollo de las actividades propias y la de los abonados. Dentro del estudio del entorno se encontró que el protocolo empleado por los operadores tradicionales (3G) y las plataformas de éstos, representan un factor importante dentro del desarrollo de los escenarios, por lo que se decidió incluir dicha tecnología en el estudio.

3.3.2. La descripción de la idea del negocio

El desarrollo de la idea del negocio es un modelo mental de las fuerzas que subyacen en el éxito actual y futuro de la organización, las cuales pueden ser articuladas toda vez que sean comprendidas e interiorizadas por los miembros de la organización, lo cual contribuye a la consecución de un aprendizaje de forma acelerada hacia el interior de la corporación. Este concepto debe de incluir en forma sistémica y holística aquellas fuerzas o ventajas competitivas que le permiten a la firma mantener una posición dentro del mercado y deberán explicar el éxito pasado, presente y futuro. Generalmente, dicho diagrama se deriva de un análisis FODA. La descripción de la idea del negocio permite articular de forma efectiva y eficaz las estrategias (tanto rectoras como contingentes) posibles dentro de la planeación prospectiva; esto posibilita la identificación e implementación de estrategias toda vez que se ha desarrollado la técnica de escenarios, lo cual permite obtener una visión mucho más amplia del papel que juega la organización dentro de éstos, y las acciones que se deberán adoptar dentro de los futuros posibles, con el objeto de mantener, introducir o implementar las ventajas competitivas que en la actualidad han dado origen a acceder a una posición dentro del mercado en cuestión.

De acuerdo a la descripción realizada anteriormente sobre la empresa Ec-mex y derivado de un análisis FODA (el cual no es el objeto del presente estudio) se desarrolló la idea del negocio de dicha organización. El signo + indica la forma en que se incrementan o cambian las variables, contribuyendo al éxito del negocio. Las variables que se enmarcan dentro de un recuadro representan las ventajas competitivas actuales de la firma, entre las cuales se tienen (ver Figura 3.7):

- El capital humano.
- R&D.
- La incorporación de nuevas tecnologías.
- La calidad del trabajo.
- La experiencia.
- La calidad del servicio.
- Reputación.

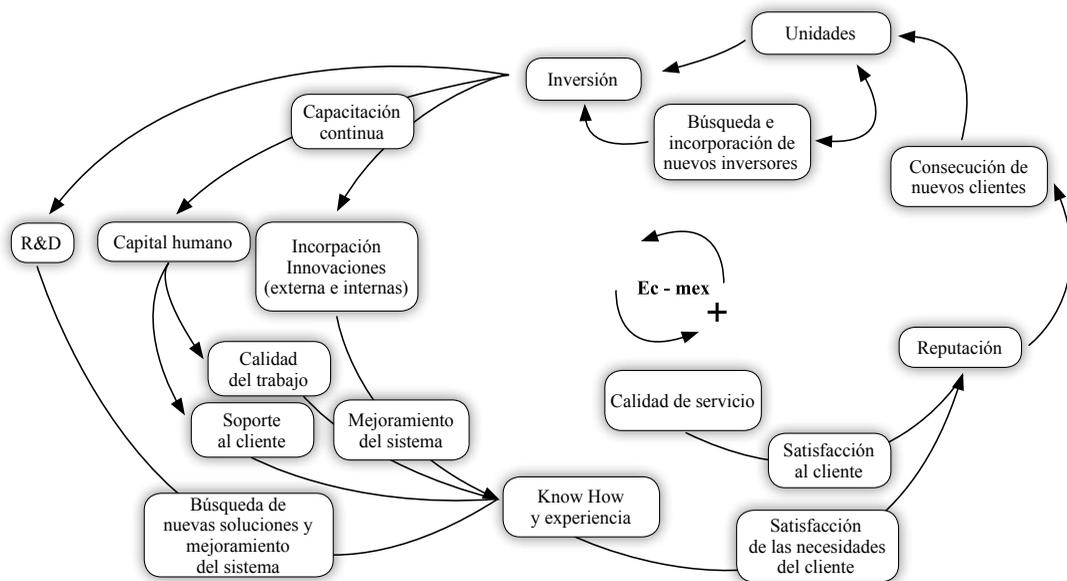


Figura 3.7. La idea del negocio

Fuente: Elaboración propia.

La empresa Ec-mex, realiza de forma constante, inversiones dentro de los rubros de investigación y desarrollo, capital humano y en la incorporación de nuevas

tecnologías (no desarrolladas por la organización). La inversión en Investigación y Desarrollo conlleva a una búsqueda constante de nuevas y mejores soluciones para el ofrecimiento del servicio, mediante el desarrollo de software especializado. Así mismo, el invertir de forma permanente en el capital humano permite mantener una fuerza de trabajo capacitada y reconocida por la calidad de su trabajo y por el soporte al cliente, lo que redundará en la satisfacción de las necesidades del cliente y a la obtención de experiencia dentro del sector en que opera la firma. De igual manera, la adquisición de tecnología posibilita la incorporación de forma constante de nuevas y mejores soluciones al servicio y a la resolución de problemas dentro del campo de la conectividad inalámbrica, dando como resultado una acumulación de experiencia en la resolución de problemas para la mejora de la calidad del servicio. La experiencia, alimentada por las ventajas competitivas antes enunciadas, da origen a la satisfacción de las necesidades y problemas del cliente, la cual derivativamente da lugar a la obtención de una reputación dentro del mercado. La reputación permite la consecución de nuevos clientes e inversores dentro del proceso, lo cual genera los ingresos necesarios para la realización de la inversión.

3.3.3. Descripción del entorno

Wi-Fi

En la actualidad, en México, la provisión de servicios inalámbricos a organizaciones y usuarios particulares ha tenido un crecimiento importante. Dentro del entorno nacional, en el Distrito Federal de 2006 a 2007, se observó un crecimiento del 437%; hace tres años, según los consultores, había alrededor de 359 antenas WiFi, y a finales de 2007 se registraron mil 568 puntos Wi-Fi. La concentración de los puntos con tecnología Wi-Fi se está dando con mayor fuerza en las delegaciones más céntricas, y disminuye conforme aumenta la distancia respecto al centro, así como por el nivel socioeconómico de la zona y por la cantidad de empresas.

Las zonas de cobertura wireless LAN en áreas públicas están recibiendo gran atención por los operadores y las empresas dedicadas a las telecomunicaciones, debido a los beneficios que se pudieran obtener a cambio y a la posible integración

con las redes 3G para telefonía móvil a nivel mundial. El crecimiento asiático se estima en un 55% comparado con el 45% en EE.UU. Norteamérica lidera el sector en cuanto al número de hotspots (zonas de acceso a internet sin cables, las cuales son gratuitas o exentas de pago), con unos 12400 puntos, pero Asia superará esa cifra en 2008, según los pronósticos. Dicho crecimiento se correlaciona con el poder de los proveedores wireless asiáticos, como la empresa coreana KT Corp. Sin embargo, solo habrá una gran base de usuarios lo suficientemente grande para sostener el mercado hot-spot si las grandes operadoras de telefonía móvil intervienen en el mercado.

Según el informe de iPass de marzo 2008, el mayor crecimiento mundial en el uso de HotSpot Wi-Fi se está dando en los medios de transporte público como trenes y autobuses. Con un crecimiento del 238% en el número de sesiones online entre 2006 y 2007, Europa es el continente con mayor crecimiento con un 142% en ese mismo periodo.

Así mismo, estudios realizados entre empresas del sector de Europa, Oriente Medio, África y Asia, indican que el 75% de las compañías encuestadas proporcionan acceso inalámbrico de banda ancha a través de tarjetas provenientes de algún dispositivo; un 58% ofrece conectividad Wi-Fi en lugares públicos y un 77% proporciona a sus clientes el acceso a contenidos de terceros desde sus aparatos. Además, dichos estudios ponen de manifiesto que la facturación procedente de los servicios representa la primera fuente de ingresos totales de las compañías. Dentro de las tendencias está el hacer cada vez más seguros tanto los dispositivos como las redes utilizadas para Wi-Fi, así como el de ampliar la cobertura de la red. Hace poco menos de una década, la conexión inalámbrica nació con dos tendencias claras. La primera: el servicio pensado en coberturas para la casa o la empresa, y el "megaservicio", buscando cubrir zonas de 20 kilómetros o más. La primera línea comenzó a desarrollarse bajo el concepto de bridge (puente inalámbrico), orientado a las empresas o casas, con un rango de acción de no más de 30 metros y que buscaba distribuir, a través de una señal de microondas, el clásico servicio ADSL o cable.

De aquí se desprendió el Wi-Fi "corporativo", destinado a mayores superficies a través de bridges más potentes, de entre uno y dos kilómetros. Basada en esta

tecnología es que se implementó el Fi-Mesh. El "Mesh" consistió en crear una "malla" de conexiones inalámbricas, ubicando puntos de red o hot spots cada 500 metros, con lo que se pueden cubrir grandes espacios. Si bien esta tecnología permite el movimiento del usuario a no más de 30 kilómetros por hora (ya que a mayor velocidad se pierde la señal), fue pensada sólo para ampliar la cobertura y no para convertirse en una posibilidad para los cibernautas móviles. La velocidad de este sistema es la normal de la banda ancha, de entre 11 y 54 megabits compartidos, ya que su concepto base sigue siendo el de retransmitir los códigos del ADSL

La segunda tendencia de la conexión inalámbrica, de igual forma no se buscaba satisfacer necesidades restringidas geográficamente una casa, una oficina, una empresa sino cubrir la mayor cantidad de territorio posible. Así nace el sistema Wireless Local Loop, capaz de cubrir alrededor de 20 kilómetros a la redonda. Surgiendo de esta idea Wi-MAX, pensado en operar como una red capaz de cubrir con un sólo punto de distribución las grandes metrópolis.

Wi-MAX es un concepto parecido a Wi-Fi, pero con mayor cobertura y ancho de banda. La red Wi-Fi fue diseñada para ambientes inalámbricos internos como una alternativa al cableado estructurado de redes y con capacidad sin línea de vista de muy pocos metros. La tecnología Wi-MAX, por el contrario, fue diseñada como una solución de última milla en redes metropolitanas para prestar servicios a nivel comercial.

Wi-MAX es un Wi-Fi de alta potencia y al compararlos es inevitable notar la gran diferencia que separa estas dos tecnologías inalámbricas. Una diferencia sustancial de esta tecnología respecto del WiFi, es la capacidad. Si esta modalidad satisface requerimientos de tres megas, Wi-MAX puede cubrir hasta 14. Asimismo, permite una mayor velocidad en el momento de subir y bajar información de Internet.

Comparando con Wi-Fi, que está diseñado para oficinas o dar cobertura a zonas relativamente pequeñas, Wi-MAX ofrece tasas de transferencia de 70 Mbps (Mega bits por segundo) a distancias de hasta 50 kilómetros de una estación base o celda.

Por comparación, la tasa de transferencia de Wi-Fi es de 11 Mbps y distancias de hasta 350 metros en zonas abiertas. Asimismo, posibilita que los usuarios accedan a Internet y a las redes locales de su empresa a través de banda ancha y de forma inalámbrica, tanto desde su propio lugar de trabajo como desde entornos públicos o privados.

Entorno del negocio

Las primeras versiones de Wi-MAX están pensadas para comunicaciones punto a punto o punto a multipunto, típicas de los radio enlaces por microondas. Las próximas ofrecerán total movilidad, por lo que competirán con las redes celulares. Los primeros productos que están empezando a aparecer en el mercado se enfocan a proporcionar un enlace de alta velocidad para conexión a las redes fijas públicas o para establecer enlaces punto a punto. Así, Wi-MAX puede resultar muy adecuado para unir *hot spots* Wi-Fi a las redes de los operadores, sin necesidad de establecer un enlace fijo. El equipamiento Wi-Fi es relativamente barato, pero un enlace E1 o DSL resulta costoso y a veces no se puede desplegar adecuadamente. Wi-MAX extiende el alcance de Wi-Fi y provee una seria alternativa o complemento a las redes 3G. Wi-MAX, aparte de competir en precio con 3G (servicio proporcionado por telefónicas locales); solamente se necesita un sencillo control central de las claves de acceso a la red y la existencia de acuerdos sobre el modo de repartirse la tarifa del usuarios entre los proveedores territoriales del servicio para que un suscriptor de Wi-MAX, pueda disponer de Internet en cualquier punto del país donde Wi-MAX esté establecido lo que permite que el abonado tenga conexión inmediata y sin gasto adicional en cualquier punto del país cubierto por Wi-MAX, sea su domicilio habitual, su segunda vivienda o durante sus desplazamientos de trabajo u ocio.

Así mismo, algunos operadores de LMDS (Local Multipoint Distribution System) están empezando a considerar esta tecnología y han comenzado a hacer despliegues de red utilizando los elementos que están disponibles en la actualidad. Lo que diferencia al Wi-MAX de otras iteraciones es la estandarización. Actualmente se fabrican chips para cada proveedor de equipos de acceso inalámbrico de banda ancha, lo que agrega tiempo y costos. Técnicamente Wi-MAX no hace conflicto con WiFi, sino que lo complementa. Wi-MAX es una red de área metropolitana

(MAN) que conectará Hotspots de Wi-Fi y proveerá una extensión inalámbrica de último kilómetro para instalaciones de cable y DSL. Este estándar provee un área de servicio de hasta 50 km lineales y permite conectividad sin línea de vista directa a la estación base. La tecnología también permite tasas de transmisión de hasta 70 Mbit/s.

En el aspecto internacional cabe destacar que Toshiba anunció un acuerdo con Nortel para el desarrollo conjunto de estaciones Wi-MAX enfocadas a los mercados japonés y mundial. Las estaciones que instalarán conjuntamente estarán basadas en la tecnología inalámbrica de banda ancha de la siguiente generación de Nortel, en la nanotecnología y tecnología de amplificación de productos Toshiba. Mediante el desarrollo de estos equipos se ofrecerá un bajo consumo de energía con gran confiabilidad. Toshiba desarrollará el módulo de radio aplicando su fortaleza en nanotecnología y amplificación de alta eficiencia. Por su parte, Nortel desarrollará el módulo digital que soportará la comunicación inalámbrica de banda ancha con una alta velocidad. De este modo y aunando a sus respectivas fortalezas, ambas compañías desarrollarán una gama innovadora de estaciones Wi-MAX, pequeñas y eficientes en potencia y efectivas en costos.

Por otro lado, Google, Comcast, Intel Capital, Time Warner Cable, Bright House Networks, Trilogy Equity Partner, Sprint Nextel y Clearwire, una mezcla de compañías tecnológicas, de telecomunicaciones, de Internet y de contenidos han hecho una inversión de 3200 millones de dólares en una nueva compañía que se llamará Clearwire, a través de la cual pretenden dotar de acceso a Internet inalámbrico de banda ancha con tecnología Wi-MAX a todo Estados Unidos. Una compañía que saldrá al mercado con un valor estimado de unos 14500 millones de dólares.

Así mismo, Intel pretende realizar una inversión estimada de alrededor de 1000 millones de dólares, con la cual venderá sus procesadores para dispositivos móviles, listos para conectarse a este tipo de redes. Su funcionamiento final aún no está muy claro del todo. A su vez, también se está hablando sobre la posible integración de una de estas tarjetas en los Mac's, los portátiles de Apple, y su tamaño es exactamente el mismo que el que actualmente están utilizando los diferentes MacBooks.

De igual forma, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) ha decidido incorporar la tecnología Wi-MAX a su estándar 3G. Esta decisión abre el camino para el despliegue de una serie de servicios de voz, datos y multimedia, tanto en dispositivos móviles como estáticos. En la práctica, la decisión implica que las empresas que tengan licencias 3G de telecomunicaciones móviles puedan optar por usar sus franquicias con el fin de ofrecer servicios Wi-MAX a sus clientes, en lugar de otras tecnologías más lentas.

Cabe señalar que dentro de los países en donde se ha empezado a implementar Wi-MAX, el espectro reutilizado por éste, ha sido significativamente más barato que el de 3G; en algunos casos, el primero ha sido menos de un milésimo del costo del segundo por un área geográfica dada.

El espectro 3G ha sido mucho más costoso que el Wi-MAX por varias razones clave:

- 3G es nacional, Wi-MAX es regional. Las licencias de Wi-MAX se han emitido con base regional, una tendencia no consistente en las licencias 3G. Tal regionalización no tiene un impacto en el precio promedio; aunque es posible que un postor adquiriera todas las licencias regionales, las regiones no son creadas por igual. Por lo tanto, los participantes con mayores recursos, por lo regular, se enfocan en las áreas más atractivas, lo que afecta los promedios de nivel de país.
- La falta de visión de los operadores de red móvil, o MNO (Mobile Network Operator). Los MNO han concebido por mucho tiempo que la propiedad sobre el espectro 3G era el eje central para su futuro estratégico. Algunos consideran de igual forma a Wi-MAX o están dispuestos a participar en otra subasta costosa. A la fecha los postores de este último espectro han sido principalmente participantes pequeños, donde los MNO más grandes permanecen dentro de la tecnología celular.

Mientras que el espectro 3G, por lo general, está sobrevaluado; hoy el Wi-MAX se encuentra devaluado. Esto no durará por mucho tiempo; el espectro Wi-MAX está a punto de volverse más costoso a medida que los reguladores liberen frecuencias

más bajas para utilizarse en celulares Wi-MAX. Las bandas de 2.3 y 2.5 GHz tienen mejores características de propagación que las de la banda de 3.5 GHz, lo que permite un incremento en la capacidad de tráfico sin necesidad de estaciones base adicionales.

Entorno México y América Latina

Latinoamérica ha puesto todas sus esperanzas para la universalización de la banda ancha en la tecnología Wi-MAX, el nuevo estándar de banda ancha. Wi-MAX permite conexiones parecidas a las de la ADSL (conexión más ampliamente utilizada en la actualidad) y en distancias de entre 50 y 60 kilómetros. Según apunta un estudio llevado a cabo por Enter, la expansión de esta tecnología está siendo todavía muy desigual en América Latina, donde, sin embargo, está ganando mercado contra otras tecnologías como la 3G. Colombia y Chile han sido pioneros en su implantación, pero parte de su futuro pasará por las decisiones que se tomen al respecto en países más influyentes como Brasil y México.

El nuevo estándar inalámbrico para banda ancha Wi-MAX está siendo visto en América Latina como una gran oportunidad para que éste llegue a ser un servicio universal y barato. En la actualidad las redes móviles en América Latina caminan inexorablemente hacia la banda ancha. El despliegue de la tecnología 3G avanza, sin embargo, de forma retrasada y muchas de las expectativas que se habían puesto en ella se han visto truncadas. Es por ello que diversos grupos de empresas y agentes del sector han visto en Wi-MAX otras posibilidades entre las cuales se encuentra desplazar a 3G, que curiosamente, no ha terminado de nacer en Latinoamérica.

América Latina se está comportando de manera diferente a otras partes del mundo, en donde el despliegue de la red UMTS/HSDPA se está haciendo de manera simultánea a la de Wi-MAX. En América Latina la repercusión de esta última tecnología está siendo mayor, y el hecho de que en esta parte del mundo los contratos postpago sean minoría, explicaría también que las inversiones en 3G hayan sido menores que en otras regiones. En la competencia entre 3G y Wi-MAX, la primera tiene una ventaja, ya que todavía no existen terminales Wi-MAX, mientras que los 3G están ya disponibles en el mercado. A este respecto se espera que los fabricantes de

ordenadores empiecen a fabricar portátiles con chips híbridos (útiles para Wi-Fi y Wi-MAX) a finales de 2008.

En México sólo un grupo reducido de operadores entre los que destacan Telmex y Axtel, cuenta con la concesiones para operar en la frecuencia de 3.5 GHz, sobre la cual podría desarrollarse Wi-MAX móvil. Algunos factores que han inhibido el desarrollo de Wi-MAX en el país son, por un lado, la infraestructura, ya que se requiere de instalar radio bases (para incrementar el número de access points); y por el otro, que los equipos de cómputo requieren una tarjeta de red para acceder a Wi-MAX y el otorgamiento de las concesiones de espectro.

En México actualmente existen poco más de 4 millones de cuentas de acceso a Internet, para cerca de 20 millones de usuarios, lo cual indica que en este país sigue siendo fundamental el acceso en sitios públicos, debido a las características económicas y dispersión geográfica; por lo que para mejorar la cobertura de banda ancha será fundamental aumentar la base instalada de PC's con acceso a Internet y la posibilidad de llegar a comunidades remotas. La situación geográfica, aunada a la económica (ingreso per cápita anual de alrededor de 11000 dólares) han motivado un creciente interés en la creación de redes inalámbricas como Wi-MAX y 3G, ya que el radio de entre 40 y 90 kilómetros que cubre, podría permitir incrementar la penetración de banda ancha en México, al instalarse en sitios de acceso público, como escuelas y dependencias de gobierno e incluso en zonas de baja densidad poblacional (en México existen 11 localidades con más de un millón de habitantes, en donde se concentra cerca del 15% de la población del país, en contraste cerca del 25% de la población vive en comunidades de menos de 2500 habitantes de acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2005 del INEGI). En este sentido, Wi-MAX y 3G se presentan como opciones por demás viables, dada su capacidad y alcance, sobre todo para acceder a comunidades con limitaciones económicas y geográficas en México, ya que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) decidió ya no crecer la red satelital para ofrecer banda ancha a los centros comunitarios digitales y ha optado por explorar redes inalámbricas como Wi-MAX; en el caso de 3G existen operadores fijos que también están implementando accesos en zonas rurales.

La infraestructura que tiene instalada Telmex en México le permite ofrecer cobertura en casi todo el país, lo que otros competidores como Telefónica, Axtel o Iusacell han carecido de la infraestructura adecuada para tal fin, pues los costos de instalar cables de cobre y romper calles y muros para llegar a los usuarios no sólo son altos, sino también requiere de una estrategia compleja. Wi-MAX permite a los operadores que quieran competir con Telmex, acceder al mercado y conectarlos directamente sin la necesidad de pagarle a dicha compañía en cuestión. En México Telmex tiene toda la línea de Prodigy y acceso a DSL y ofrecer Wi-MAX sería, de alguna manera, competir contra su propia fuerza. Por ello es que han retardado sus inversiones en Wi-MAX dentro de México, aunque Telmex está utilizando dicha tecnología en otras regiones de América Latina como Chile.

Según la Ley Federal de Telecomunicaciones, en México, la asignación de una señal para uso comercial o privado debe obtenerse mediante subasta. La cual en teoría debería de realizarse hacia principios del 2008. En 1998 tres empresas (Axtel, Telmex y Unefon) adquirieron derechos sobre la mayor parte de la señal que anda entre los 3.4 a los 3.6 GHz, el rango óptimo para Wi-MAX (Unefon vendió posteriormente su parte a Nextel, y el gobierno de México podría ampliar el rango a 3.7 GHz). Esto deja poco espacio en este segmento, ya que sólo quedarían libres algunos espectros que van de los 2,400 a 2,483 MHz y de 5,150 al 5,350 MHz, no idóneos para esta red inalámbrica. La banda de 2.3 GHz es utilizada por el Gobierno Federal, mientras que los 2.5 GHz están asignados a la televisión de pago por evento. En México quedan muchos aspectos en materia de regulación para que las redes Wi-MAX sean una realidad. En lo que respecta a las conexiones Wi-Fi, los analistas pronosticaron que éstas se iban a expandir rápidamente durante 2007. Lo cierto es que estas predicciones afectaban sobre todo a Estados Unidos, y doce meses después parece ser que no se expandieron tan rápidamente como se esperaba, así que las previsiones se trasladaron al 2008.

Por otro lado, el estilo de vida de las grandes urbes como las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey, demanda cada vez mayor movilidad del acceso a Internet y disminuir la dependencia de un acceso fijo (además resulta atractivo para sectores como el empresarial e incluso el académico) prueba de ello es la

popularización de Wi-Fi para lugares públicos, como cafés, algunos restaurantes y aeropuertos, sin embargo, una red inalámbrica otorgaría mayor cobertura con una cantidad menor de antenas (ciudades como Londres, la utilización del Wi-Fi en los últimos 2 años creció contando con un número récord de 11.000 sesiones a través de hotspots profesionales; esta cifra es más de dos veces la registrada por la segunda ciudad de la clasificación, Singapur). En cuanto a los lugares de preferencia para las conexiones, los aeropuertos siguen en cabeza de los lugares más empleados para acceso Wi-Fi, con prácticamente la mitad de las sesiones de todo el mundo. Así, estos lugares generaron una media de 3.000 sesiones en el periodo, lo que supera en más de 100 veces la media de los hoteles, cafés y otros emplazamientos para usuarios particulares. Tras los aeropuertos, los hoteles figuran en el segundo puesto de emplazamientos elegidos para este tipo de conexiones, habiendo experimentado un crecimiento aún mayor que los primeros, con una diferencia del 60% entre el primer y el segundo semestre del año –frente al 40% experimentado por los aeropuertos. Paralelamente las sesiones en estos lugares fueron mucho más largas, con una media de dos horas, mientras que en los aeropuertos fue de 41 minutos. Las cadenas de cafeterías como Starbucks son las preferidas para las conexiones, seguidas por restaurantes de comida rápida como McDonald's, o tiendas de libros.

3.3.4. Identificación de factores clave

Debido a lo anterior, es importante no sólo conocer las fuerzas o factores clave que se encuentran en el entorno local, en cuanto a operadores se refiere, sino que también en la interrelación que existe entre cada una de éstas. La identificación de las variables que intervienen dentro del proceso de adopción de nuevas tecnologías, resulta ser una labor difícil y hasta cierto punto ambigua. Lo anterior se debe a que de una u otra manera todas ellas se relacionan de forma sistémica y no individual, es decir, los efectos de una variable no pueden ser separados ni aislados de forma efectiva, ya que dichos efectos son el resultado de la interacción de diversas fuerzas y factores involucrados dentro del proceso. Derivado del análisis del entorno competitivo se han identificado los siguientes factores claves que afectan el negocio en forma local:

- Preferencias y necesidades de los consumidores.
- Costo del servicio.
- Mercado.
- Competencia.
- Nuevas tecnologías (surgimiento, capacidades y atributos).
- Tiempo de adopción tecnológica.
- Costos de adopción tecnológica.
- Utilidades/pérdidas.
- Barreras de entrada.
- Inversión en nuevas tecnologías.
- Ventajas competitivas.
- Costos de infraestructura.
- Movilidad.
- Portabilidad.
- Operadores tradicionales.
- Nuevos operadores.
- Marketing.
- Costos de capacitación.
- Activos (infraestructura, soporte, organización, procesos y capacidades).

Una vez identificadas las variables en cuestión, se procede a la elaboración de un diagrama causal con la finalidad de relacionar los factores claves (Figura 3.8) y obtener un panorama mucho más claro del entorno en cuestión. Es por ello que a continuación se describe dichas relaciones.

La forma o el cambio de ofrecer el servicio por parte de los operadores (tradicionales/nuevos) a partir de un determinado tipo de tecnología inalámbrica, se encuentra íntimamente relacionada con la inversión (la cual se considera irreversible), las capacidades y atributos tecnológicos, los costos asociados a ésta y el marketing entorno a la innovación. Los inversores/operadores dentro del negocio de las telecomunicaciones, generalmente, realizan una inversión de las utilidades en la mejora continua, tanto del proceso como de los activos (tangibles o intangibles) dentro de la organización, con el propósito de permanecer dentro del mercado.

Éstos invierten en infraestructura, en procesos, en el desarrollo de capacidades y oportunidades, en la infraestructura, entre otros. Así mismo, los inversores/operadores pueden realizar inversiones en R&D, en nuevas tecnologías o en ambos rubros.

El desarrollo de nuevas tecnologías implica una tarea ardua, no sólo por la cantidad de capital invertido (humano y económico), sino que también implica la obtención de nuevas y mejores tecnologías con capacidades y atributos superiores a las existentes, que permitan abatir los costos de operación de la entidad que la implemente, en donde el costo de adopción juega un papel fundamental toda vez que la innovación se presente como diseño dominante o en vías de convertirse en éste, o por lo menos que sea una alternativa mucho más viable a las existentes. Dentro de la adopción no solamente entran en juego los factores antes mencionados, sino de igual manera la labor de marketing involucrada con tal finalidad, que en ocasiones resulta ser un factor decisivo en la adopción de una nueva tecnología o innovación. Una vez adoptada la nueva tecnología, ésta se incorpora al servicio ofertado por la organización. El servicio ofertado sale al mercado en donde se encuentran los competidores directos y potenciales; en el mercado existen ciertos requerimientos para que dicho servicio pueda ser considerado como competitivo, como son la movilidad, la cobertura, entre otros; dichos requerimientos son impuestos por las necesidades y preferencias de los consumidores, los cuales a su vez se lanzan al mercado en busca de las opciones deseadas, existiendo una retroalimentación efectiva entre la oferta, la demanda y las opciones existentes. Si el servicio cumple con las necesidades y preferencias del consumidor, se generan nuevos clientes/contratos, lo que se traduce en ingresos, de los cuales se derivan las inversiones, dando lugar nuevamente al ciclo descrito en la Figura 3.8.

Así mismo, los operadores/inversores pueden dividirse en nuevos y tradicionales. Los operadores tradicionales poseen ciertas ventajas competitivas que les permiten posicionarse dentro del mercado en cuestión. Dichas ventajas competitivas se traducen en barreras de entrada a nuevos competidores, con la finalidad de hacer cada vez más difícil el ingreso a nuevos agentes. Las regulaciones dentro del mercado meta pueden considerarse a su vez como barreras de entrada, ya que éstas establecen e imponen requisitos que se deberán cumplir si se quiere ingresar a un nicho de

mercado dado. Dentro de las regulaciones se pueden encontrar estándares, permisos, licencias, concesiones, normatividad, seguridad, espectro, entre otros, a los cuales deberá sujetarse el operador para ofrecer sus servicios que en determinado momento podrían ser insalvables para algunas organizaciones de capital limitado. Así mismo, los nuevos operadores desarrollan ventajas competitivas con el afán de obtener la flexibilidad suficiente para poder sortear las barreras de entrada al negocio. Toda vez que se han logrado salvar las barreras impuestas por el mercado, por los operadores tradicionales y por las regulaciones, el nuevo agente podrá acceder al mercado ofertando un nuevo servicio que cumpla con las expectativas de los consumidores, dando así inicio al ciclo descrito anteriormente.

La descripción del ciclo anterior, se hace necesaria en virtud de comprender de manera más acertada las fuerzas que intervienen dentro de la adopción-inversión de una nueva tecnología dentro del mercado, en relación a los agentes tradicionales y nuevos, ya que éstas (las fuerzas) serán la base para determinar el curso de los acontecimientos derivados de las tendencias o fuerzas motrices inmersas en el entorno. Dichos factores producen una influencia determinante en el éxito o el fracaso de las decisiones, afectando de manera importante los resultados esperados.

3.3.5. Fuerzas motrices (Driving Forces)

Toda vez que los factores clave han sido identificados y enumerados, el siguiente paso consiste en listar las fuerzas motrices dentro de un entorno a nivel macro (que afectan de forma directa o indirecta a factores clave antes identificados) dentro del ámbito social, político, económico, ambiental y tecnológico. Esta etapa requiere de un gran esfuerzo, estudio e investigación dentro de diferentes medios, ya sean éstos impresos y/o digitales, opiniones de expertos, por mencionar algunos. Entre uno de los esfuerzos primordiales en esta fase se encuentra la identificación de manera efectiva de las tendencias o las posibles rupturas de tendencias a niveles local y global. Cabe señalar que dentro del estudio del entorno internacional se pudieron identificar las siguientes fuerzas motrices o tendencias (se identificaron un gran número de éstas, pero las que se presentan a continuación resultaron ser las más relevantes):

- Las preferencias y necesidades de los consumidores.
- Desarrollo de nuevas y mejores tecnologías.
- Reorganización de la estructura de los agentes del mercado.
- Incursión de nuevos operadores.
- Disminución de los costos operativos.
- Movilidad de las comunicaciones.
- Eliminación de conexiones y enlaces fijos.
- Globalización de las comunicaciones y servicios.
- La ampliación y la integración de los servicios.
- El aumento del acceso a los servicios.
- Servicios innovadores a través de la Web.
- Aumento del ingreso *per cápita* en algunos países de la región.
- Creación de nuevas necesidades.

Ahora bien, las necesidades y/o las preferencias de los consumidores son una de las principales fuerzas que intervienen en el mercado y producen cambios radicales en los mercados tecnológicos. Lo anterior, es debido a que dichas preferencias o necesidades, las cuales son cubiertas de una forma o de otra, producen cambios radicales en las estrategias, servicios y productos ofertados en el mercado. La razón de ser de todas las organizaciones es o debería ser los consumidores, y en la medida en que dichas entidades cubran o satisfagan las demandas de éstos, éstas podrán permanecer en el mercado o salir de éste.

Otra de las fuerzas que contribuyen o propician un cambio drástico dentro del ámbito tecnológico es el desarrollo y la dirección de las innovaciones tecnológicas, ya que éstas permiten el ofrecimiento de nuevos y mejores productos, dando origen a un cambio no sólo en la forma, sino también en el servicio mismo. La incursión de una nueva tecnología otorga nuevas y mejores posibilidades (no en todos los casos, pero sí en la mayoría de éstos) no consideradas o concebidas con anterioridad por los agentes del mercado en cuestión.

Al introducirse un cambio radical dentro del mercado, los agentes que participan en él deben (si se busca permanecer como un ente competitivo) reorganizarse de

una forma estructural y efectiva para poder enfrentar el cambio tecnológico. La introducción de nuevas tecnologías y la incursión de nuevos competidores propician en gran medida que dicha reestructuración se lleve a cabo. Lo anterior conduce a una disminución de los costos operativos por parte las organizaciones tradicionales (con el fin de ser más competitivos), sin detrimento de la calidad y la confiabilidad sobre las cuales basan su reputación.

El crecimiento demográfico y un aumento en el ingreso *per cápita* de las economías emergentes, así como una marcada tendencia en la globalización de los servicios y las comunicaciones han generado que la movilidad de éstos haya cobrado una fuerza creciente en los últimos años, permitiendo que cada vez exista un acceso mucho mayor al mercado por parte de segmentos de población que antes no podían considerarse como consumidores potenciales lo cual ha generado dentro de los agentes (tradicionales y nuevos) un ampliación, tanto de los servicios como en la cobertura.

Bajo la óptica anteriormente descrita, es posible el desarrollo de una cantidad determinada de escenarios, los cuales se basan fundamentalmente en la interacción entre las fuerzas claves previamente identificadas y con las tendencias que se presentan en esta sección. Escenarios que tienen como base los factores clave, y como ingredientes principales las fuerzas motrices identificadas con anterioridad; y si a todo ello involucramos las capacidades y atributos de las tecnologías existentes como son Wi-MAX, Wi-Fi y 3G (plataformas actuales), es factible establecer ciertos cursos de acción posibles para los próximos años. Es por lo anterior que se desarrolló un árbol de consecuencias (ver Figura 3.9), en el cual las raíces se encuentran conformadas por los factores clave; así mismo el tronco de dicho árbol la componen las fuerzas motrices; y las ramas, los escenarios posibles, debido a la interacción de dichos factores y fuerzas.

Una vez integrados todos estos elementos, se obtiene 3 posibles escenarios, entre los cuales tenemos:

- 1) La evolución.
- 2) Lucha encarnizada.
- 3) Más de lo mismo.

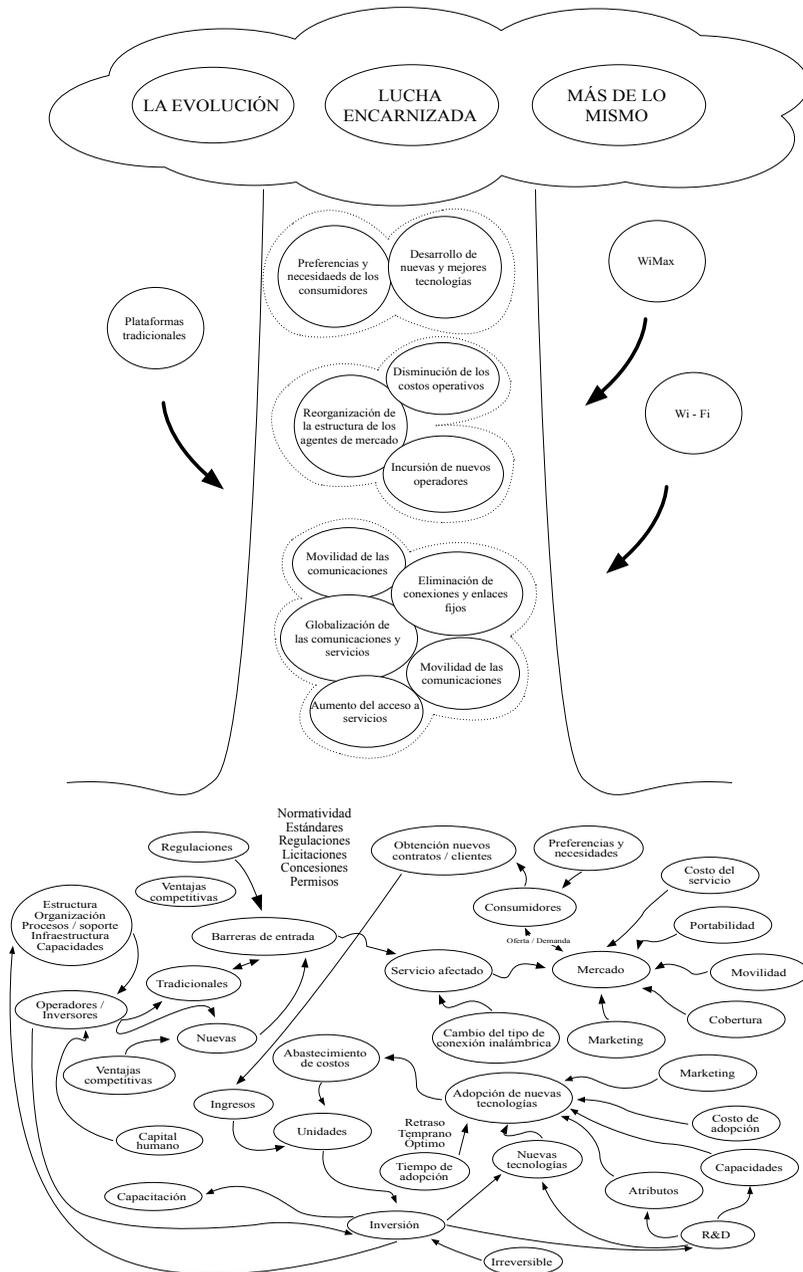


Figura 3.9. Factores clave y Fuerzas motrices dentro del entorno competitivo y escenarios

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente sección se detallarán de forma más extensa las características e implicaciones que conlleva cada uno de dichos escenarios conlleva.

3.3.6. Construcción e interrelación de escenarios

Dentro del análisis de las fuerzas motrices se determinó que las fuerzas que contribuyen de forma determinante a la incertidumbre dentro del mercado son éstas: (a) Las necesidades y preferencias de los consumidores; y (b) El desarrollo de nuevas y mejores tecnologías (trayectorias).

La evolución

A nivel mundial las preferencias y las necesidades de los consumidores tienden a demandar una mayor movilidad en lo que a conectividad se refiere. Entran nuevos operadores al mercado y las empresas creadoras de Wi-MAX resuelven los problemas que se están presentando en la actualidad; así mismo, los alcances, la cobertura y la transmisión que alcanza la nueva tecnología superarán por mucho a las actuales, dando paso una versión mejorada y más potente de Wi-MAX, (Wi-MAX-X). La nueva tecnología permite tener redes redundantes sin necesidad de instalaciones físicas, lo que involucra una reducción en el costo de la creación de nueva infraestructura (cableado) y mantenimiento, de igual forma, permite abaratar el costo de del servicio reduciendo así las tarifas a los usuarios. Así mismo, la tecnología permite el ofrecimiento del triple-play (que luego se puede convertir en cuádruple-play mediante al incursión de la televisión interactiva) de forma sencilla y barata, dejando fuera a las compañías de cable, y dicha tecnología incursionará en la televisión interactiva.

A medida que Wi-MAX y la telefonía IP se vayan extendiendo, irá desapareciendo el principal motivo para tener un teléfono fijo, la conexión a la red, declinando la telefonía tradicional, tal como la hemos conocido, es decir, un usuario podrá llevar su teléfono a cualquier región que posea este servicio y podrá seguir utilizando su mismo número y conexión, sin un costo adicional. El modelo clásico de negocio, basado en proporcionar comunicación tarifada por tiempo de uso y distancia desaparecerá sin remisión con la generalización de la telefonía IP.

A un plazo más largo desaparecerá también la telefonía móvil y una vez cubierta con antenas de accesos se entrará a competir entre el teléfono móvil y la conexión vía Internet; Wi-MAX (o su posterior evolución) competirá directamente con teléfonos 3G (o la evolución de 3G) o UMTS.

Las barreras actuales en el mercado de las telecomunicaciones son superadas por los nuevos competidores, y de igual manera las firmas de ordenadores desarrollarán nuevos dispositivos capaces de enlazar sus productos con dicha tecnología (Wi-MAX).

Las compañías tradicionales no pueden competir con estándares 3G ni con mejoras subsecuentes X-G, lo que propicia que dichos estándares migren de forma directa hacia Wi-MAX. Ello no supone el fin de las compañías telefónicas a mediano plazo, pues alguien tendrá que seguir proporcionando la infraestructura de red de fibra óptica (principalmente) que une los distintos nodos de Internet (incluidas las futuras antenas), aunque habrá una reorganización del mercado y de los agentes tradicionales que operan en éste; pero paulatinamente irán desapareciendo las conexiones ADSL y las plataformas tradicionales de telefonía celular. Debido a lo anterior las compañías tradicionales sufren grandes pérdidas, por lo que estas tienden a migrar a Wi-MAX (o tecnologías similares) para lograr su supervivencia, utilizando así su infraestructura de tecnología móvil.

En lo referente a Wi-Fi, en un principio no se ve afectada de forma directa con la entrada de la nueva tecnología; más bien resulta ser una herramienta complementaria, ya que Wi-MAX no posee la capacidad de cubrir el espectro en su totalidad, quedando relegada Wi-Fi a pequeñas redes y dispositivos de oficina; pero con la entrada de una nueva evolución de Wi-MAX (Wi-MAX-X) dicha tecnología es innecesaria, por lo que tiende a desaparecer del mercado a largo plazo.

En México, en un principio se torna difícil la licitación de las frecuencias, esto es debido a que la empresa dominante tradicional retrasa por un breve tiempo la entrada de nuevos competidores. Los nuevos operadores logran ingresar al mercado con costos de operación menores, en contra de las tecnologías actuales. El mercado de las telecomunicaciones se ve alterado y los agentes de éste se reorganizan de

forma diferente. Al no poder competir con la nueva tecnología ni con Wi-MAX-X se adopta de forma generalizada dicha innovación, dejando fuera diversas compañías de cable, mientras que otras se ajustarán a las nuevas condiciones del mercado. La movilidad tiende a convertirse en nacional, es decir, con un mismo dispositivo se tiene una comunicación efectiva en todo el territorio sin incurrir en cargos adicionales. Así mismo, gracias a la nueva tecnología y el triple y cuádruple-play se pueden concentrar en una sola organización, sin la necesidad de recurrir a alianzas estratégicas entre diversos operadores. De igual forma, Wi-Fi tiende a desaparecer dentro del ámbito de las telecomunicaciones a largo plazo

Lucha encarnizada

En el entorno mundial grandes consorcios invierten en las tecnologías Wi-MAX con el propósito de competir con las operadoras tradicionales dentro del campo de las telecomunicaciones. Los grandes operadores, así mismo, invierten para la mejora de sus redes. En este contexto Wi-MAX no logra desarrollarse completamente, esto es debido a que las operadoras tradicionales poseen una ventaja amplia en cuanto a infraestructura se refiere, y además introducen una nueva versión de su protocolo y plataforma, originando la evolución de 3G a XG, la cual resulta ser igual o más competitiva que Wi-MAX. Lo anterior conllevará a que los operadores tradicionales puedan mantener parte del mercado y seguir operando de forma tradicional incorporando nuevos servicios. Dentro de la conectividad inalámbrica, las firmas tradicionales logran competir con la tecnología Wi-MAX, ofreciendo nuevos servicios y ampliando la cobertura, de tal forma que pueden brindar mediante la nueva plataforma el triple y el cuádruple-play de forma efectiva y a bajo costo, desplazando del mercado a las empresas de cable. La tecnología celular cobra nuevamente fuerza, permitiendo a los usuarios mayores posibilidades de comunicación y de acceso a servicios. De la misma manera estas compañías mantienen vigente los enlaces fijos como una red redundante, aprovechando la infraestructura existente como una ventaja competitiva antes de que éstas sean obsoletas dentro del ámbito de las telecomunicaciones. El tiempo de vida de las conexiones físicas tiende a ser un poco más largo, aunque paulatinamente irán desapareciendo. La telefonía tradicional presenta un cambio radical con una cobertura más amplia (nivel regional) y se introducen nuevos servicios al mercado.

Wi-MAX no logra una penetración al mercado de forma rápida, por lo que se introduce una evolución de dicha tecnología Wi-MAX-X que permita hacer frente al estándar XG utilizado por los operadores tradicionales. La nueva versión logra ser competitiva y ofrece una seria competencia a esos operadores, acaparando una parte importante del mercado, ya que la tecnología ha alcanzado un grado de desarrollo considerable, permitiendo ofrecer los mismos servicios, pero a un costo igual o menor. Lo anterior conlleva una fiera competencia del mercado debido a que tanto Wi-MAX-X y XG resultan ser igualmente efectivos; pero la primera, resulta ser mucho más económica en lo que a implementación se refiere (infraestructura, mantenimiento, capacitación, etc.), dando como resultado que los gastos de adopción resulten ser atractivos para los inversores en función de los posibles beneficios a obtener. Los nuevos operadores y los tradicionales se enfrascan en una competencia desmedida por la dominación del mercado, ofreciendo todo tipo de beneficios y servicios a los usuarios.

En lo referente a Wi-Fi, en un inicio ninguna de las dos tecnologías logran la cobertura deseada y se debe recurrir a la tecnología Wi-Fi para alcanzar la cobertura de la última milla. Así mismo, Wi-Fi tiene una difusión amplia en pequeñas redes, dándose un incremento en la seguridad de las redes y en el radio de cobertura, así como en dispositivos de oficina. Paulatinamente, con la introducción de nuevas y mejores tecnologías, así como de nuevas capacidades y atributos asociadas a éstas, los operadores tradicionales y nuevos van desplazando a Wi-Fi a dispositivos de oficinas, relegándose a esta última función solamente a un largo plazo.

En el entorno del mercado mexicano los grandes operadores retrasan de forma deliberada la licitación del espacio radioeléctrico hasta haber conseguido introducir una evolución de 3G, que cuente con capacidades superiores a Wi-MAX con el objeto de posicionarse y mantener el mercado ofreciendo nuevos y mejores servicios, dejando en una posición de desventaja a los nuevos operadores. Con el tiempo los nuevos operadores logran introducir una nueva versión de Wi-MAX, lo que les permite competir en igualdad de condiciones. Lo anterior generará una competencia desmedida entre los diferentes operadores, los cuales se disputarán el mercado compitiendo en costos y servicio. La tecnología Wi-Fi será utilizada en un principio

de forma amplia, aunque a largo plazo, y debido a la introducción de las evoluciones tecnológicas de Wi-MAX-X y XG (nuevas y mejores capacidades de cobertura, así como la introducción de otros dispositivos asociados a estas tecnologías) tenderá a caer en desuso.

Más de lo mismo

Dentro del entorno global la tecnología Wi-MAX es introducida al mercado por los nuevos operadores, pero dicha tecnología causa más expectativas que los problemas que resuelve. La tecnología en cuestión resulta ser un producto con capacidades semejantes o inferiores a las tecnologías actuales, la cual no cumple con las expectativas de los consumidores en cuanto a cobertura y movilidad, aunque permite adquirir el servicio dentro del mercado a un costo más bajo. Los operadores tradicionales realizan grandes inversiones en la infraestructura existente, con el objeto de minimizar los efectos de la entrada de Wi-MAX y mantenerse así en una posición dominante. Así mismo, la reorganización de los agentes involucrados resulta ser mínima y los costos asociados en la adopción tecnología presentan una asimetría con los posibles beneficios a obtener. El crecimiento y la mejora del servicio esperado, tanto de la cobertura como la movilidad, no llega a concretarse.

Aunque los pronósticos realizados no llegan completarse de forma exitosa, la forma de ofrecer los servicios de triple y cuádruple-play cambia, permitiendo mediante la mejora de plataformas y protocolos que el servicio se integre de una forma más atractiva para el usuario, colocando en riesgo a las empresas de cable. De igual forma, la telefonía se convierte en regional y tanto los nuevos operadores como los tradicionales ofrecen el servicio de forma aceptable. Wi-MAX y sus posteriores evoluciones no son capaces de convertirse en un producto dominante, por lo que tiene que coexistir con las tecnologías actuales y sus evoluciones posteriores.

Dentro de la situación anteriormente descrita, ni Wi-MAX ni las plataformas utilizadas por los operadores tradicionales son capaces de resolver los problemas de cobertura, en lo referente a la última milla y comunicaciones móviles, por lo que Wi-Fi es utilizada con tal fin. En este contexto, Wi-Fi evoluciona con mejores

productos y soluciones a Wi-Fi-X, convirtiéndose en un complemento tecnológico de las tecnologías existentes, lo cual le permite posicionarse en el mercado como una solución para redes pequeñas, como oficinas, aeropuertos, aviones, entre otras.

En México los operadores tradicionales aprovechan su posición dominante invirtiendo en la infraestructura y estándares propios, ofreciendo una mejora sustancial en el servicio y demorando la entrada de nuevos competidores al mercado, con el objeto de lograr nuevas ventajas competitivas y el establecimiento de nuevas barreras de entrada al mercado, con la finalidad de retrasar la adopción de Wi-MAX y la entrada de nuevos competidores al mercado. De igual forma, se sigue utilizando Wi-Fi como estándar preferido en la administración de pequeñas redes. Inevitablemente entran nuevos operadores al mercado, pero éstos no logran ni la penetración del servicio ni los beneficios deseados dentro del mercado.

Evaluación de resultados

Toda vez que se ha desarrollado, tanto la valuación financiera (Opciones reales) y la planeación prospectiva (escenarios), se hace necesario establecer en qué condiciones se puede ejercer la opción de inversión (opción europea), es decir, en cuáles circunstancias la flexibilidad que permite la opción es cierta y en cuáles no. Para ello se construye una pequeña tabla en la cual se puede comparar la flexibilidad de la opción en contra del escenario en cuestión, de la siguiente manera. (ver Cuadro 3.4.)

La organización (Ec-mex) desea ejercer la opción una vez llegado el momento (3 años es el lapso de tiempo que tendría que transcurrir para que el proyecto otorgue rendimientos positivos), debe de establecerse con antelación una serie de indicadores para el monitoreo de los escenarios y desarrollar una serie de estrategias alineadas con la idea del negocio y encaminadas a desarrollar posibles planes rectores de acción y contingentes para la adopción de la nueva tecnología, con el objeto de aumentar y/o potencializar sus ventajas competitivas (ya sea ofreciendo nuevos productos o mejoras en el servicio) con miras a mantener o ampliar su posición dentro del mercado de acción. Todo lo expuesto conlleva a establecer lo siguiente:

Cuadro 3.4. Tabla de decisión

Escenario	Ejercicio de la opción	Causas de la decisión
La evolución	Si	Dentro de dicho escenario se contempla la desaparición de la tecnología Wi-Fi en un plazo no tan a largo, lo que podría conllevar a que la empresa sea menos competitiva dentro del mercado, forzándola a adaptarse o a desaparecer de éste. Así mismo, la nueva tecnología en cuestión permite la incorporación de nuevos competidores.
Lucha encarnizada	Sí, pero con retraso	En este escenario la nueva tecnología y las mejoras introducidas a las actuales, permiten el desarrollo de capacidades mayores, relegando a un segundo plano a Wi-Fi, y paulatinamente a su desplazamiento dentro del mercado. De igual forma, propicia la inversión de nuevos competidores dentro del mercado en cuestión.
Más de lo mismo	No	El escenario en cuestión presenta un panorama alentador dentro del ámbito de la tecnología utilizada por la organización, por lo que convendría seguir invirtiendo en Wi-Fi, y no en Wi-MAX.

Fuente: Elaboración propia.

- 1) Dentro de la valuación de proyectos de inversión tecnológica se hace necesaria la incorporación de técnicas duras y suaves, con el objeto de integrar a la visión del negocio una perspectiva más acertada sobre el futuro de la decisión, lo cual permite a los inversores la integración de nuevos y mejores elementos al proceso de valuación, integrando los riesgos financieros, presentes tanto en el interior como en el entorno del mercado meta, posibilitando así la obtención de la información adecuada y requerida en la toma de decisiones.

- 2) Bajo el criterio de las formas tradicionales de presupuestación no se puede valorar hoy la posibilidad de que si el entorno de negocios y el ambiente económico son favorables dentro un tiempo determinado; un proyecto o estrategia pueda desarrollarse simplemente porque hoy no se sabe si en un futuro puedan existir las condiciones para adoptar tal decisión. Esta opción o flexibilidad, tiene un valor hoy que debería integrarse al valor estático que proporcionan las técnicas convencionales de valuación, de proyectos a fin de estimar, en forma adecuada, un proyecto o estrategia que contemple el tiempo como una factor importante y determinante dentro de los factores que afectan de forma decisiva la ejecución de un proyecto en un horizonte de tiempo determinado.

- 3) Las opciones reales pueden mejorar la capacidad del proceso de la toma de decisiones concernientes a la inversión de activos dentro del mercado en donde se desarrollan las actividades una organización, ya que éstas resultan ser herramientas flexibles para la toma de decisiones que proporcionan valores razonables en oportunidades complejas de inversión. Éstas, a su vez, toman en cuenta el valor de la administración del proyecto, la dependencia del tiempo, las interacciones e interdependencias propias del proyecto, así como la interacción de las opciones, permitiendo probabilizar, de una forma u o de otra, el riesgo de la inversión.
- 4) El desarrollo de escenarios, conlleva a realizar un estudio más profundo del entorno competitivo y observar los posibles cursos de acción en que pudiesen desembocar las situaciones futuras, permitiendo así analizar de una manera más amplia las condiciones en las que se podrá ejercer la opción, conllevando consecuentemente y de forma derivativa prepararse no sólo para el ejercicio de ésta (opción), sino también a situaciones que no se tenían contempladas con anterioridad mediante el desarrollo de estrategias para tal fin.
- 5) La proyección basada en elementos puramente matemáticos, sobre todo cuando dentro del entorno existe cierto grado de incertidumbre y ambigüedad en el desarrollo o evolución una situación en particular, se requiere del empleo de una metodología de proyección que sea acompañada por una técnica complementaria que permita no sólo la identificación de los futuros posibles de un evento en particular, sino también la determinación de aquellos aspectos relevantes que pudieran conducir a que el evento desemboque en un resultado ante el cual la corporación no se encuentra debidamente preparada.
- 6) El empleo de la planeación prospectiva (escenarios) permite explicar en qué condiciones o situaciones se puede obtener la flexibilidad requerida dentro de un proyecto de inversión, es decir, las opciones reales por sí mismas no explican en que supuestos o situaciones resulta ser cierta dicha flexibilidad.

De acuerdo a lo anterior el entorno tecnológico se desarrolla bajo un esquema dinámico, en donde los ciclos de vida de las innovaciones se acortan cada día

más, por lo que se hace necesario que, en ocasiones, el horizonte de tiempo no sea demasiado extenso ni demasiado corto (el cual dependerá del objeto del estudio), ya que si son demasiado cortos, el futuro será el presente, y si éste resulta ser demasiado extenso, podría desarrollarse dentro de un medio ambiguo.

Es así como dentro de la valuación económica mediante el uso de opciones reales, se pueden valorar diferentes opciones en forma simultánea como la de expansión, contracción y expansión del negocio, así como la de cambio tecnológico, que puede permitir la obtención de un portafolio más extenso dentro de la administración de los riesgos financieros asociados a un proyecto tecnológico de inversión. Una vez comparados los posibles escenarios dentro del entorno competitivo y la valuación financiera del proyecto de inversión (mediante opciones reales), y se determine en qué situaciones resultaría ser factible el ejercicio de la opción, se hace necesario, por parte de la organización, el desarrollar un sistema de indicadores para el monitoreo de la tendencias y situaciones antes desarrolladas, con el propósito de anticiparse a la ocurrencia de los eventos. Lo anterior conlleva al desarrollo de las posibles estrategias a implementar en cada uno de los escenarios, y determinar cuáles de éstas pueden ser comunes a los diferentes escenarios y cuáles no, ello permite la construcción de planes rectores y contingentes una vez que se determine la viabilidad de la ejecución o el ejercicio de la opción de inversión.

ANEXO I

METODOLOGÍAS Y TÉCNICAS APLICADAS A LA PLANEACIÓN PROSPECTIVA

Los métodos que se presentan a continuación han sido extraídos de Lindgren et al, (2003), a menos que se indique lo contrario al margen del título, de igual manera algunos de los métodos y técnicas se obtuvieron de Heatman F. (1969). THE LANGUAGE OF FORECASTING, futuribles, Paris, France.

A.1. MÉTODOS BASADOS EN MEDIOS

A.1.1. Escaneo de medios

El escaneo de medios es un método simple y popular para el monitoreo continuo, cuya finalidad es la de obtener una descripción general del panorama, o simplemente para la obtención de ideas dentro del proceso de planeación. Un escaneo simple de medios, a menudo, puede ser un buen complemento de una tormenta de ideas alrededor de los factores clave, los cuales tienen un impacto sobre el área focal que nos concierne.

Resulta fácil la creación de un sistema de escaneo de medios. Generalmente se recortan artículos que pudieran parecer relevantes dentro de las áreas de estudio. Si se observan noticias relevantes en medios de comunicación masiva, resulta sencillo escribir en la nota, o si se navega por Internet se puede realizar el resumen correspondiente o simplemente imprimir el documento. La información anterior es acumulada y regularmente clasificada y acomodada de acuerdo al tema o asunto. Así mismo, en intervalos de tiempo regulares se deberá revisar el material con el objeto de realizar resúmenes y observaciones sobre éste.

Cuando se escanea un gran número de artículos es importante realizar la tarea de forma rápida, utilizando solamente un par de minutos para ello. A su vez resulta de suma importancia tener un par de hipótesis en mente, con la finalidad de mantenerse alerta mentalmente en el proceso de búsqueda de información dentro del material, que pueda confirmar o rechazar las hipótesis anteriormente establecidas. Así, resulta de especial importancia tener en mente nuevos fenómenos o desarrollos que se pudieran estar suscitando dentro del entorno, ya que esto podría conllevar a un desarrollo distinto de las acciones.

A.1.2. Grupos de rastreo de tendencias

Una técnica adecuada para la incorporación del personal en proceso de observación, es a través de la organización de pequeños grupos de rastreo de tendencias, dentro de la compañía o el departamento. Los miembros del grupo pueden monitorear a su vez los mismos o diferentes asuntos. Para ello se debe elegir un coordinador, el cual deberá ser el responsable de coleccionar y seleccionar el material. En intervalos regulares el grupo deberá efectuar reuniones con el afán de analizar el material recolectado.

A.1.3. Medios visuales

Existen diversas compañías que ofrecen diferentes tipos de medios visuales, particularmente impresos y de Internet; pero también en radio y televisión. A menudo los estados de resultados e información relevante de las organizaciones, son distribuidas a través de portales en la intranet.

A.1.4. Análisis de palabras clave

Cuando se ha observado un fenómeno o un asunto de interés, a menudo, consciente o inconscientemente se tiende a generar una hipótesis. Esto puede conllevar a una búsqueda de información sobre tal o cual asunto, es decir, que mediante Internet se pueden llevar a cabo búsquedas mediante palabras clave (en bases de datos), con el objeto de obtener la información necesaria sobre el fenómeno o asunto de interés, como pueden ser: orígenes, expansión, teorías, proyecciones, etc.

A.1.5. Análisis de contenidos

La búsqueda mediante la utilización de palabras clave es una forma rápida y efectiva para obtener un panorama general de los cambios a través del tiempo. Una técnica que requiere y consume una gran cantidad de tiempo es el análisis y la codificación del contenido de los artículos. El análisis de contenido se basa y se construye bajo las siguientes presunciones:

- El material que es publicado con un propósito determinado generalmente conlleva otro mensaje implícito. Este tipo de material suele ser mucho más auténtico que aquel que es directamente comunicado.
- La información implícita puede ser identificada, codificada, analizada e interpretada. Existen vías o rutas de información que describen el estado actual del asunto o situación y que revelan las tendencias y actitudes.
- El contenido del análisis puede ser a menudo correcto, para lo cual se debe cruzar y verificar la información mediante el uso de otras fuentes.

A.2. MÉTODOS BASADOS EN ENTREVISTAS

A.2.1. Delphi

El método *Delphi* fue inventado en los años sesenta y su nombre deriva del oráculo de *Delphi*. El propósito original del método *Delphi* es la obtención y la valoración de un futuro de forma cuantitativa mediante la opinión de expertos en el área de interés. La metodología en cuestión ha sido utilizada frecuentemente en pronósticos tecnológicos. El proceso de la metodología es el siguiente:

- 1) La formulación de la pregunta mediante respuestas cuantitativas (¿Cuándo? ¿En qué porcentaje?, etc.).
- 2) La respuesta de los expertos es a través de la vía telefónica (en forma privada), en forma presencial o mediante un cuestionario.
- 3) Compilación de resultados calculando posteriormente la media de éstos.
- 4) Mostrar los resultados obtenidos y la realización de nuevas preguntas.
- 5) Compilación final de resultados (a veces es necesario repetir el paso anterior antes de finalizar el ejercicio).

Una de las debilidades del método *Delphi* (en su forma original), es la obtención de una opinión general sin el consenso de los participantes; diversas opiniones importantes pueden subyacer dentro de la compilación y no salir a la superficie debido solamente a los porcentajes. En la actualidad el método es aplicado de forma menos astringente, adoptando diversas formas en las cuales se impulsa el ejercicio de metodologías basadas en entrevistas y reuniones, en donde los participantes tratan de valorar el futuro a corto, mediano y/o largo plazo.

A.2.2. Conversaciones Delphic: entrevistas estructuradas

Las conversaciones *Delphic*, son mucho más abiertas que la metodología *Delphi*, es decir, la finalidad del método no está orientada a la consecución de resultados cuantitativos. Las entrevistas estructuradas pueden ser cuantificadas de acuerdo a las preguntas o respuestas que los participantes sugieren; sin embargo, la cuantificación resulta sustancialmente diferente que en la metodología *Delphi*.

A.2.3. Datos a largo plazo

Para la obtención de una visión o una descripción palpable de los cambios suscitados en algún tema o área de interés a través del tiempo, se hace necesaria la obtención de datos de una forma histórica que puede variar desde un par de meses hasta décadas; esto se realiza con el objeto de contar con información relevante con la que permita inferir de alguna forma ciertos comportamientos o tendencias. En el orden de comparar los resultados de un estudio a otro, las respuestas y preguntas planteadas se deben colocar en el mismo contexto, esto es debido a que las personas y los sistemas son afectados por aquellos eventos o situaciones que tienen lugar en el espacio físico donde se desarrollan las acciones.

Cuando se trabaja sobre el cambio e intercambio de opiniones y actitudes es importante conocer que existen grandes diferencias dentro de una misma situación entre grupos de la misma generación, que entre grupos de diferente generación. Si las opiniones cambian (dentro de la sociedad) prácticamente todos los grupos demográficos dentro de una sociedad cambian en la misma dirección.

A.2.4. Grupos focales

La investigación cualitativa sobre los grupos focales ha ganado cierto terreno recientemente. En los grupos focales los participantes se reúnen por un determinado número de horas con el objeto de discutir uno o dos temas específicos.

Este tipo de grupos son utilizados cuando se requiere obtener o inferir de alguna manera el pensamiento y las necesidades, tanto de los consumidores como de los consumidores potenciales. Los grupos focales son efectivos en la identificación de problemas, en la prueba de hipótesis y en la profundización sobre asuntos específicos dentro de estudios cuantitativos, siendo esta metodología generalmente, el proceso mediante el cual se comprueba la exactitud de las hipótesis.

A.2.5. Paneles de expertos

Diversas instituciones y organizaciones recurren a paneles de expertos de forma regular, con el objeto de obtener la información necesaria antes de implementar o decidir sobre inversiones estratégicas. Se pueden distinguir dos diferentes grupos de expertos: (1) Los expertos en cuestiones específicas o focales; (2) y Los clientes y/o consumidores. Dentro del proceso resulta de gran utilidad emplear dichos paneles como sistemas generadores de nuevas ideas y de evaluación de escenarios.

Un panel ejecutivo es una variante del panel de expertos. En el panel de expertos los directivos, administradores y empleados trabajan en forma conjunta. Estos forman parte del panel de expertos de forma interna dentro de la organización. Dentro de este panel podemos encontrar otra variante como la de paneles de trabajadores jóvenes que tienen como finalidad la interiorización de las perspectivas de la corporación.

A.2.6. Grupos creativos (futuros)

Un grupo creativo futuro es una agrupación de individuos encargado de la solución de problemas que pueden ser externos o internos, o una mezcla de ambos. Este grupo se diferencia de los demás grupos antes mencionados, porque su actividad

resolutiva de problemas es en forma activa y continua. La utilización de este tipo de grupos redonda en un estudio participativo dentro de la planeación de escenarios.

El número ideal para la conformación de este tipo de grupos es de 7 a 8 personas, lo cual es suficiente para la obtención de un número diverso de perspectivas; pero lo suficientemente pequeño que no permita una distracción de los objetivos de focales en los encuentros o reuniones.

Este tipo de grupos creativos se enfoca firmemente sobre asuntos bien definidos y plenamente identificados, como pueden ser la ideación de consecuencias y alternativas dentro de los escenarios, la identificación de tendencias y/o factores clave; siendo importante mencionar que el trabajo desarrollado se basa sobre una metodología de trabajo dada. Existen tres criterios básicos para el buen funcionamiento de este tipo de grupos creativos:

- Todas las opiniones son valiosas e importantes.
- El asunto a tratar es una cuestión clara y bien identificada, y la metodología para alcanzar el resultado ya se encuentra definida con anterioridad.
- El líder del proceso mantiene la unidad del grupo y lo exhorta a seguir adelante en la consecución del objetivo (la resolución del problema).

A.2.7. Diálogos futuros

Los diálogos futuros constituyen un método al estilo seminarios, que hace posible el manejo de un gran número de grupos creativos (futuros) dentro de un marco de referencia seminarial. Es posible tener más de 100 participantes dentro de los diálogos futuros. Durante la conferencia de los diálogos futuros los participantes trabajan sobre diversas cuestiones o asuntos; cabe mencionar que los grupos deben conformarse de la manera más heterogénea posible. A través del tiempo, dichos grupos de diálogos futuros obtienen propuestas tangibles sobre la resolución de problemas. Los miembros de cada grupo se cambian de forma constante con la

intención de no permitir pasar por alto detalles que pudieran haber escapado a los otros participantes. Con lo anterior se permite que todas las personas que participan en la dinámica, se encuentren inmersas dentro de la problemática y dentro de la solución. Generalmente se realizan presentaciones breves con diapositivas, las cuales son entregadas en forma impresa a los grupos entre cada sesión. Los líderes de la conferencia pueden cotejar los resultados obtenidos en las diferentes etapas de las sesiones, proporcionando además a cada participante una retroalimentación detallada antes de abandonar el ejercicio.

A.2.8. Estudios futuros participativo

Los estudios futuros participativos son un modelo que conducen a estudios futuros dentro de la organización o pueden ser utilizados como esfuerzos compartidos entre diferentes corporaciones. Esta metodología requiere de un proyecto en específico, un líder del proceso con una alta capacidad, competencia y experiencia que le permita trabajar con los integrantes de la organización y eventualmente con expertos externos a ésta. El proceso es llevado a cabo mediante una serie de seminarios, en los cuales el grupo es conducido a través de todas las fases de rastreo y análisis de la información, con el objeto de generar alternativas. Entre los seminarios los participantes o miembros del grupo desarrollan y asumen diferentes tareas y actividades. El factor clave en esta metodología es la organización tanto del equipo como de las tareas asignadas.

A.3. MÉTODOS BASADOS EN LÍNEAS DE TIEMPO

A.3.1. Desarrollo basado en formas o vías arquetípicas

Las formas o vías arquetípicas dominantes utilizadas en los métodos basados en medios son las siguientes:

- Perder - ganar.
- Desafío - respuesta.
- Evolución.

Aparte de las formas anteriores, otras vías o formas básicas pueden ser observadas. En la práctica el desarrollo dentro de un área puede ser descrito mediante la combinación de algunos de los desarrollos de los arquetipos mencionados con anterioridad, así:

- *Ganadores y perdedores* o el juego de la suma cero. El concepto básico de esta directriz es que el mundo es limitado y la vida es un juego en el cual la suma resultante es igual a cero. Los conflictos son obvios en este tipo de escenarios y la trama puede ser comparada con el de una telenovela. Otra variante de este tipo de escenarios es el llamado sálvese quien pueda, el cual no es un escenario tan inusual como pudiera parecer.
- *Desafíos y respuestas* o la ley de la presión y la contrapresión. Este es el escenario de la confianza o esperanza obstinada. La humanidad tiende a manejar los desafíos que se le presentan cotidianamente. Los organismos vivos como las compañías y organizaciones tienen una extraordinaria capacidad adaptativa ante los cambios del entorno (como ocurrió en Japón en 1973 con la caída del precio del petróleo).
- *El espectáculo debe continuar* evolución o desarrollo biológico. Evolución significa un cambio continuo en una dirección determinada. Al inicio el desarrollo es lento, después el crecimiento se vuelve acelerado, declinando hacia el final del ciclo de vida. Lo anterior es la filosofía empleada en este tipo de escenarios, en donde la tecnología resulta ser un buen ejemplo.
- *Revolución* o el gran salto. Las revoluciones son una clase de discontinuidad, en donde el desarrollo toma una nueva tendencia. Las revoluciones generalmente permiten el surgimiento de nuevos paradigmas y nuevas perspectivas sobre el mundo.
- *Lo que pasa alrededor viene de alrededor* o los eventos cíclicos. Los eventos cíclicos son comunes dentro de la economía. Las fluctuaciones en el comercio, en la industria, en los precios, etc.; dichos eventos generalmente producen afecciones graves a las organizaciones y corporaciones.

- *La vida a través de la muerte* o el escenario Phoenix. La vida a través de la muerte es un escenario en donde se remarca y se genera un punto de quiebre, una reconsideración y una reconcepción del sistema. Aunque generalmente esto ocurre más en la ficción que en la vida real.
- Un día glorioso o las posibilidades infinitas. Este escenario es quizá el más común dentro de la noción del desarrollo. Las posibilidades infinitas son los ases de la inversión, la investigación y las adquisiciones.

A.3.2. Extrapolación de tendencias a través de un análisis basado en una línea de tiempo y análisis multivariado

El análisis estadístico de series de tiempo es un método utilizado en el pronóstico, basado en datos históricos. El método es regularmente utilizado dentro de las esferas económicas, y se basa en un análisis econométrico y financiero sobre el comportamiento de la variable de interés; aunque se puede utilizar otro tipo de modelos y aproximaciones matemáticos para lograr su cometido, esto es, el pronóstico de la situación futura, a partir de los datos pasados y actuales.

Si el número de variables que se interrelacionan es considerable y las relaciones causales son ambiguas, es posible que se puedan encontrar relaciones de dependencia e independencia mediante métodos multivariados, como regresiones múltiples, etc. Los sistemas, sin embargo, de alguna u otra forma tienden a correlacionarse aunque sea de una forma débil: de lo contrario, el sistema sería impredecible y no podría existir la manera de predecir su comportamiento, o en su defecto inferirlo.

A.3.3. Analogías

A menudo, resulta de gran utilidad trabajar con analogías históricas. La pregunta que se debe hacer el decisor es ¿De qué otra forma podría reensamblar o replantear la situación? Las analogías se pueden encontrar en cualquier situación. Algunos temas que se han utilizado han sido las orquestas, animales, frutas, personajes o situaciones mitológicas, etc. El valor de las analogías

radica en que éstas, generalmente, abren nuevas perspectivas, amplían los horizontes y estimulan la creatividad.

A.3.4. Tendencias a largo plazo y curva S

En muchas sociedades los cambios pueden provenir o depender de tendencias de gran alcance o duración. Estos cambios, en la mayoría de los casos son generados por la dialéctica que existe entre las fuerzas y las contrafuerzas existentes, así como por los saltos tecnológicos inmersos dentro del sistema social en cuestión. Una tendencia económica de influencia profunda se estima que dure entre 50 y 60 años, hincándose mediante un cambio tecnológico radical, el cual afecta a todas las áreas de la sociedad. En los periodos que preceden a la incursión de nuevos paradigmas, la sociedad es afectada por depresiones, especulaciones, desordenes y disturbios políticos.

A.3.5. El surgimiento de nuevos paradigmas

A menudo resulta difícil juzgar de forma acertada cuándo un fenómeno es entera y totalmente nuevo, es decir, si es una nueva tendencia o un nuevo paradigma o si solamente se trata de una moda efímera. Un paradigma es definido como el conjunto de normas y principios (codificados o no codificados), el cual posee al menos dos características: (1) el paradigma establece o define las fronteras del comportamiento; (2) Éste describe las acciones que se deben realizar para la consecución del éxito, enmarcadas dentro de una frontera específica (superior e inferior). En otras palabras, un paradigma es la forma en que se organiza la existencia de un ser vivo, un sistema social, etc.; si el paradigma resulta adecuado en un tiempo t , mediante éste, se podrán resolver los problemas que se presenten en ese momento t dado.

Todo paradigma posee un ciclo de vida y una vida útil, que resulta ser efectivo, eficaz y operante, y que además se encuentra en concordancia con los cambios que surgen dentro de la sociedad y con el medio que lo rodea. Los nuevos paradigmas se generan como preguntas ante situaciones nuevas. Dentro de la vida del paradigma actual van surgiendo nuevas situaciones, las cuales no son susceptibles de resolución dentro del marco normativo y conductual del paradigma en curso. Lo anterior, origina nuevas

formas de pensamiento y de resolución de problemas (que antes no se podían resolver), los cuales permiten de una forma o de otra dar respuesta a las nuevas necesidades de la sociedad. Al principio los problemas que no pueden ser resueltos por el paradigma en curso tienden a ser pocos: pero a través del tiempo éstos se van incrementando hasta que el paradigma demuestra su ineficacia, lo que da a lugar al surgimiento de un nuevo modelo conceptual.

A.3.6. Impactos cruzados probabilizados SMIC–prob–expert (Godet *et al*, 2000)

Los métodos de impactos cruzados determinan las probabilidades simples y condicionadas de hipótesis o eventos, así como las probabilidades de combinaciones de estos últimos, teniendo en cuenta las interacciones entre los eventos y/o hipótesis. El objetivo de estos métodos no es solamente el de hacer destacar los escenarios más probables, sino que también el de examinar las combinaciones de hipótesis que serán excluidas a priori.

Método de impactos cruzados es el término genérico de una familia de técnicas que intentan evaluar los cambios en las probabilidades de un conjunto de acontecimientos como consecuencia de la realización de uno de ellos. En el caso SMIC (Sistemas y Matrices de Impactos Cruzados) se considera un sistema de N hipótesis, a partir de las informaciones facilitadas por los expertos, posibilitando así, elegir entre las $2 \times n$ imágenes posibles (juegos de hipótesis), aquellas que deberían ser estudiadas de forma particular. El método consiste, por tanto, en vigilar estrechamente los futuros más probables resultantes a partir de un estudio de escenarios.

1) *Formulación de hipótesis y elección de expertos*: Una encuesta SMIC tiene como base de partida cinco o seis hipótesis fundamentales y algunas hipótesis complementarias. La encuesta se realiza generalmente por vía postal (la tasa de respuestas se sitúa en niveles bastante satisfactorios: 25 a 30%); es preciso contar con un mes y medio aproximadamente para la realización de un SMIC. Dentro de la encuesta, a los expertos se les pide evaluar: (1) La probabilidad simple de realización de una hipótesis desde una probabilidad 1 (muy débil) hasta una probabilidad 5 (acontecimiento muy probable); y (2) Evaluar bajo la forma de una

probabilidad condicional la realización de una hipótesis en función de todas las demás, solicitándole al experto expresar la coherencia implícita de su razonamiento.

2) *Probabilización de escenarios*: El SMIC (programa clásico de minimización de una forma cuadrática con límites lineales) permite el análisis de estos grupos de expertos, corrigiendo las opiniones de éstos de forma que se obtengan resultados netos coherentes (es decir que satisfagan las limitaciones clásicas que imponen las probabilidades afectando una probabilidad a cada una de las $2N$ combinaciones posibles de las N . Es conveniente entonces realizar una selección de tres o cuatro escenarios, entre los cuales debe figurar al menos un escenario de referencia (con una fuerte probabilidad media) y escenarios de contraste. La etapa posterior se centra en la redacción de los escenarios: camino del presente hacia las imágenes finales, comportamiento de los actores.

A.4. MÉTODOS DE GENERACIÓN INTUITIVA

A.4.1. Lluvia de ideas (Brainstorming)

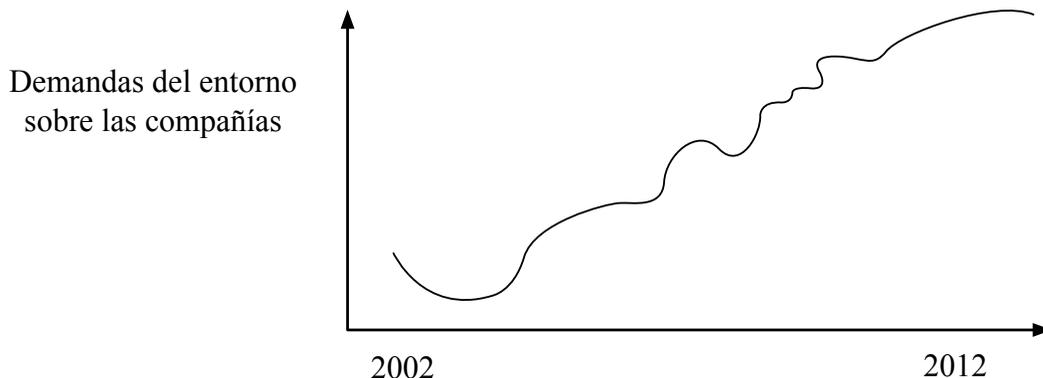
El método de lluvia de ideas es un método que genera el salvamento de obstáculos mediante el ejercicio mental y creativo de una forma deliberada o inconsciente. El principio bajo el cual actúa dicha metodología es el de bombardear la mente de los participantes con información con la que antes no habían podido tratar. Lo primero, es trabajar bajo presión en contra el reloj, dicha sesión no debe durar más de 15 minutos. Lo segundo, es enfocarse sobre metas y objetivos de forma cuantitativa. El objeto o la parte fundamental de la técnica es la máxima producción de ideas como sea posible en un periodo de tiempo determinado, su validez se juzgará posteriormente. Cuando se trabaja con escenarios la lluvia de ideas es una herramienta importante y esencial en la generación de ideas y pensamientos alrededor de una situación o problema.

A.4.2. Construcción intuitiva de líneas de tiempo

La construcción de dicha línea de tiempo es un método en donde se ven involucrada la intuición y la sensibilidad del consultor, con el objeto de transformarla en un

pensamiento consciente de una forma estructurada y sustentada. Dicho pensamiento debe ser capaz de convencer a los demás (Figura A.4.1.), y para ello se requiere del desarrollo de los puntos siguientes:

- 1) Tomar una hoja de papel y dibujar sobre el eje de las x la línea de tiempo, y sobre el eje de las y la variable de interés. En este paso se debe decidir qué tipo de desarrollo se desea describir y el horizonte de tiempo involucrado sobre el cual se desarrollará el estudio. Dibujar la línea basada en la intuición para el desarrollo que se desea describir.
- 2) Tratar de describir el porqué la línea toma esa forma, tratando de describir las irregularidades, saltos, fuerzas motrices actores, etc., que intervienen en el proceso.
- 3) Agregar los comentarios que permitan una explicación clara de los eventos que se ven involucrados y que afectan de forma importante la línea de tiempo trazada.



Gráfica A.4.1. Ejemplo ilustrativo de la construcción de una línea de tiempo intuitiva

Fuente: Adaptado de Lindgren *et al*, 2003.

A.4.3. Encabezados y pósteres

Especificar nombres o encabezados (como en los periódicos), es una forma efectiva para aclarar las ideas y pensamientos. Cuando se observa el contorno del escenario, es importante asignarles nombres o codificaciones descriptivas. Lo anterior permite a que el escenario adquiera una mayor claridad y sea a su vez más simple de proseguir con el trabajo y avanzar al siguiente paso. El encabezado describe la esencia del escenario más que los detalles de éste. Se puede trabajar mediante encabezados, de la siguiente forma:

- Se debe de pensar analizar y concebir el área en la que trabajará. Si se pudiera realizar una prospectiva hacia un futuro cercano (alrededor de 5 años), ¿Qué encabezado se pudiera publicar que permitiera la descripción del evento o área de trabajo?
- Formulación de un par de encabezados y quizás una breve introducción sobre el artículo que la precede.
- Analizar los encabezados y las introducciones. Para lo cual se debe de preguntar: ¿Qué podría pasar para que el desarrollo desembocara en esta vía o de esta forma? ¿Qué fuerzas motrices, actores, etc., tendrían que encontrarse inmersas en dicho encabezado? ¿Qué podría esto significar para el decisor?

El método de los encabezados es una forma adecuada para ejercitar la habilidad de describir, moldear o construir el futuro. Lo anterior, generalmente viene acompañado con la escritura de artículos, los cuales son una forma efectiva para la redacción y la descripción de escenarios.

A.4.4. Historias futuras

Las historias futuras son otro método que puede ser empleado para la creación y la obtención del acceso a descripciones y concepciones intuitivas. A menudo, dicho método resulta ser una forma efectiva para aterrizar los escenarios y las visiones

prospectivas a la situación en curso. Mediante historias futuras permite la *creación de las memorias del futuro*, es decir, permite la fijación de las tendencias y los factores claves en la corteza cerebral del individuo.

Para la creación de una historia futura, la cual es un escenario retrospectivo, se requiere partir de una situación base. Lo anterior se realiza de forma intuitiva y no necesariamente requiere tener una claridad definida, para lo cual se puede comenzar de la siguiente manera:

- Se debe decidir y definir el área sobre la cual se desea trabajar.
- Se puede grabar la sesión, tomar una hoja de papel o sentarse enfrente de la computadora. Se debe dejar que la creatividad fluya. Algunas frases incompletas pueden permitir el flujo de creatividad requerido y se pueden completar a través del ejercicio.
- Otra alternativa es entrevistarse a sí mismo. Para la cual debe imaginarse (el interesado) que se trata de una entrevista cinco o 10 años en forma futura, para lo cual se deben plantear preguntas capciosas y difíciles (las cuales deben ser contestadas).
- Se analiza la historia futura y se deben realizar ciertas preguntas que permitan un mejor entendimiento de la situación, tanto actual como futura: ¿Qué lecciones pueden aprenderse? ¿Existen dentro de la historia, ideas útiles que puedan utilizarse dentro del proceso estratégico? ¿Cuál es el curso de los eventos, puntos críticos que marquen la diferencia, actores, etc.?

A.4.5. Paradojas

Muchos autores han observado que el tiempo actual es un tiempo de paradojas. Mediante las paradojas podemos definir o describir una innumerable cantidad de situaciones utilizando la imaginación. Existen diferentes tipos de paradojas, como son las paradojas de conocimientos, paradojas organizacionales, paradojas de generación o generativas, paradojas de información, entre otras. Dentro de la

aparente contradicción, las paradojas no sólo permiten acotar un problema, son también el desarrollarlo de forma efectiva, debido a que en la paradoja misma subyace el problema mismo, es decir, lo que se pretende resolver o proyectar.

A.5. MÉTODOS ORIENTADOS A ACTORES

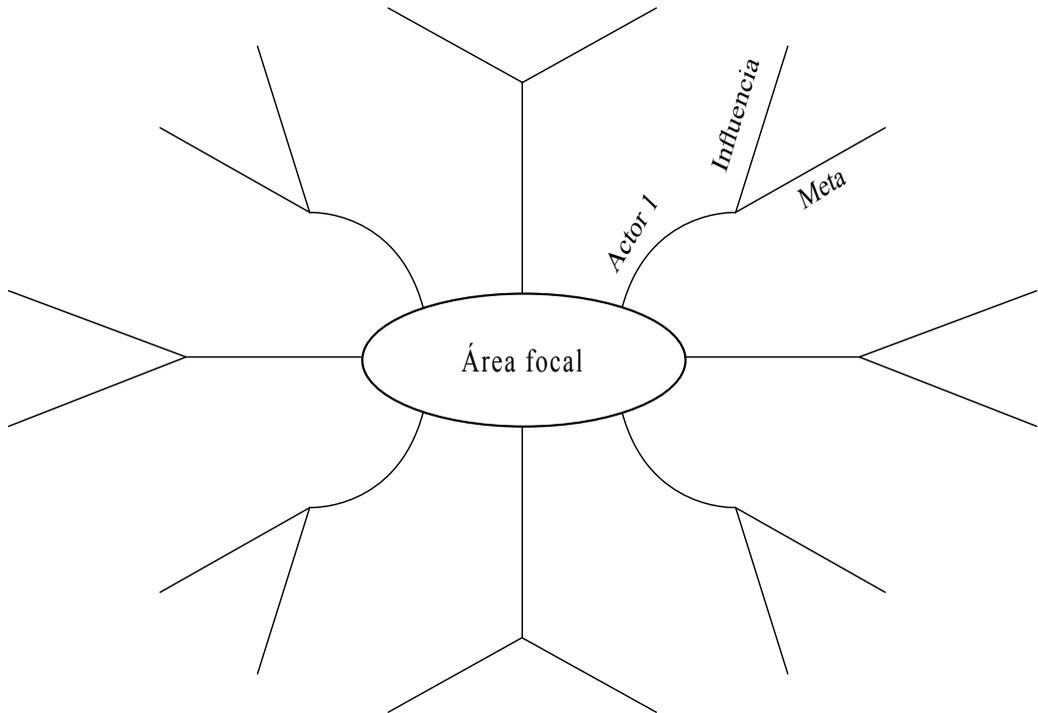
A.5.1. Análisis de actores/Análisis de competidores

Mediante una perspectiva con tintes de dramaturgia, resulta sencillo realizar y describir el rol que juegan cada uno de los actores, así como el desempeño y los motivos de cada uno de los participantes en la historia en cada una de las etapas.

El problema de analizar el comportamiento futuro de los actores estriba en tratar de dilucidar los motivos que se encuentran inmersos en cada uno de ellos, así como las estrategias que éstos pudieran implementar y desarrollar. Así mismo, resulta difícil predecir y anticipar la entrada de nuevos competidores en el mercado. Sin embargo, el método presenta diversas ventajas; lo más importante quizás es el análisis que se realiza en diferentes direcciones de forma prospectiva, lo que da como resultado, el hecho de que el futuro ya no se observe de forma predeterminada y que no solamente se preste atención a las tendencias que se desarrollan en el medio. (Ver Gráfica A.5.1.)

El análisis de actores puede ser conducido de la siguiente manera:

- Realizar una lista de todos los actores que de alguna forma puedan tener una influencia dentro del área de interés. Dentro de esta etapa, un mapa mental resulta de gran ayuda para alcanzar el objetivo deseado.
- La identificación de los motivos, objetivos y la capacidad de cada actor así como la fuerza de éstos dentro del mercado. Si los actores resultan ser un conjunto de jugadores con intereses separados, se deberá clasificar a cada uno de estos en subgrupos, así mismo se deberá preguntarse ¿Cuáles son sus estrategias? ¿Qué podría hacer que estos actores cambien sus estrategias?



Gráfica A.5.1. Ejemplificación de un modelo de análisis de actores utilizando la técnica de mapas mentales

Fuente: Adaptado parcialmente de Lindgren and Bandhold, 2003.

- ¿Existen alianzas entre los diferentes actores? ¿Qué tipo de alianzas pueden emerger y puedan tomar lugar en el juego? ¿Qué podrían hacer los actores para implementarlas?
- ¿Qué tan fuertes son los diferentes actores? ¿Qué poder e influencia tienen los actores?
- ¿Qué tipo de escenarios se puede entrever que emerjan o surjan de dichos actores a partir de su razonamiento y comportamiento?

A.5.2. Observación de la competencia y análisis de la cadena de valor

La observación de la competencia es un modelo de monitoreo continuo de los actores dentro de la arena, ya sean estos reales o potenciales. Resulta de gran importancia el monitoreo de éstos últimos, ya que generalmente suelen ofrecer sorpresas inesperadas dentro del mercado, ya que a menudo puede pasar inadvertido el potencial de dichos competidores.

A nivel de la industria el análisis de la cadena de valor es una forma efectiva para revelar las interacciones entre los diferentes participantes dentro de una industria específica. El análisis de la cadena de valor las actividades dentro y fuera de la corporación se encuentra relacionado con el análisis de las fortalezas y debilidades de la organización. En sus orígenes surgió como una forma cuantitativa de medir el valor agregado mediante la separación de etapas dentro del complejo sistema de manufactura. Al comienzo de los años ochenta *Michael Porter* conjuntó dicha evaluación con el análisis competitivo de la organización, dando origen a una nueva forma de pensamiento.

El análisis de la cadena de valor, a menudo resulta ser un buen punto de partida dentro de la planeación de escenarios. A través del proceso se puede obtener un buen entendimiento de las fortalezas y debilidades actuales, existente dentro de la industria. Mientras más complicado es el ecosistema del negocio, más complicado se volverá el análisis del sistema. A menudo se pueden encontrar intersecciones dentro de las cadenas de valor entre diversas organizaciones.

A.6. MÉTODOS ENFOCADOS A CONSECUENCIAS

A.6.1 El análisis morfológico (Godet *et al*, 2000)

El análisis morfológico tiende a explorar de manera sistemática los futuros posibles a partir del estudio de todas las combinaciones resultantes de la descomposición de un sistema. El objetivo del análisis morfológico evidencia la conducta de los nuevos productos en previsión tecnológica, pero también la construcción de escenarios. El

análisis morfológico fue formalizado por el investigador norteamericano F. Zwicky en el transcurso de la Segunda Guerra Mundial. El análisis morfológico fue puesto en marcha a partir del programa Morphol, y se compone de dos fases (ver Figura A.6.1.):

- 1) *La construcción del espacio morfológico*: Se debate en esta primera etapa la descomposición del sistema o la función estudiada en subsistemas o componentes. En esta descomposición del sistema, la elección de los componentes es delicada y necesita una reflexión profunda realizada, por ejemplo, a partir de los resultados del análisis estructural. Conviene tener de antemano los componentes tan independientes como posibles. Deben rendir cuenta de la totalidad del sistema estudiado. Demasiados componentes no llegarán rápidamente al análisis del sistema; en el caso contrario se puede empobrecer el análisis y los resultados, por lo que se debe encontrar un equilibrio basado en el costo beneficio. El conjunto de estas combinaciones representa el campo de los posibles, ahora llamado espacio morfológico.
- 2) *La reducción del espacio morfológico*: A veces, ciertas combinaciones, ciertas familias de combinaciones son irrealizables (incompatibilidades entre configuraciones, etc.). La segunda fase del trabajo consiste, por tanto, en reducir el espacio morfológico inicial en un subespacio útil, mediante la introducción de criterios de exclusión, de criterios de selección (económicos, técnicos, etc.), a partir del cual las combinaciones pertinentes podrán ser examinadas.

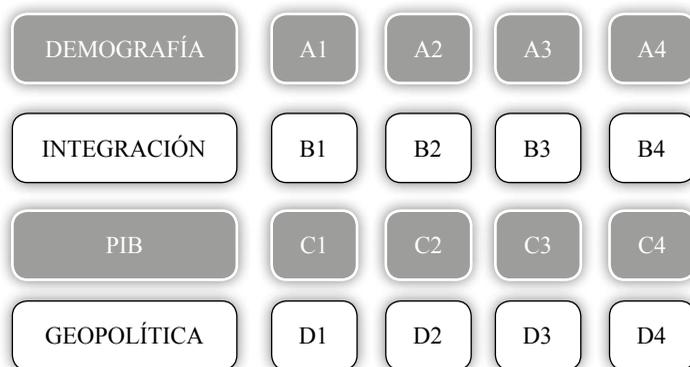


Figura A.6.1. Arreglo típico de un análisis morfológico

Fuente: Adaptado de Godet *et al*, 2000.

Los ámbitos de aplicación del análisis morfológico son múltiples: la construcción de escenarios exploratorios y todos los ámbitos de innovación y de búsqueda de ideas nuevas. Sobre todo esta metodología es utilizada en previsión metodológica; este método se presta cada vez más a la construcción de escenarios; las dimensiones o componentes demográficos, económicos, técnicos o sociales, pueden estar caracterizados por un cierto número de estados posibles (hipótesis o configuraciones); un escenario no será nada más en este caso que un camino hacia el futuro, una combinación asociada a una configuración de cada componente.

A.6.2. Administración de tópicos

La administración de tópicos es una combinación entre la observación de tendencias y el análisis de actores. La tarea del administrador es la del manejo y recolección de la información en relación a la opinión pública, tendencias sociales, nuevas tecnologías y algunas otras cuestiones que pudieran impactar dentro de la organización. Dicho administrador es el encargado de rastrear los cambios que surgen a nivel local e internacional, además de sugerir de qué forma dichos cambios pueden afectar el entorno y la organización misma. Es importante mencionar que los tópicos y las situaciones no solamente son problemas positivos o negativos, sino más bien cuestiones que pueden incrementar o afectar el negocio a largo plazo. En este sentido, dicha administración puede considerarse dentro del proceso organizacional como una previsión ante hechos futuros. Dentro de la administración de tópicos las tareas a realizar son las siguientes:

- La identificación, el monitoreo y el análisis social, tecnológico, político y económico de las fuerzas clave y de las tendencias que pueden afectar las relaciones comerciales de la organización.
- La interpretación y la definición de las consecuencias y de las opciones. De realizarse de forma temprana, la organización posee un amplio margen de maniobra.
- Se debe comenzar con actividades a corto y largo plazo en orden de aparición. Si la corporación desarrolla acciones al inicio de la problemática, tendrá la

oportunidad de formular las estrategias que permitan el soporte de los objetivos y metas a largo plazo.

Algunas situaciones transcurren de forma impredecible en la periferia, entre el centro de lo desconocido y el mundo cotidiano. En algunas ocasiones esto ocurre de forma rápida, en otra toma un tiempo considerable para ello. Sin embargo, se deben tener en cuenta ciertas consideraciones con el objeto de actuar de forma adecuada cuando dichas situaciones (desconocidas y súbitas) tomen a lugar, para lo cual se requiere de lo siguiente:

- Un contexto: una preparación mental y social.
- Un evento clave: el cual debe encontrarse inmerso en la situación que pueda servir como detonante.
- Un nombre: que permita describir la situación.
- Un mensajero: el cual permita la introducción o el empuje necesario de la situación al mundo cotidiano.

A.6.3. Los Árboles de Competencia (Godet *et al*, 2000)

La representación de una empresa en forma de árbol de competencias nació en ocasión de un análisis estratégico de las empresas japonesas. Surgió del hecho de que, implícita o explícitamente, la mayor parte de las estructuras de organización en Japón eran presentadas bajo una forma arbórea: así por ejemplo, tres círculos concéntricos para simbolizar la investigación, después la producción y por último la comercialización, esto es una representación de un árbol proyectado sobre un plano.

Los árboles de competencia pretenden representar la empresa en su totalidad, sin reducirla únicamente a sus productos y mercados. En estos árboles, las raíces (las competencias técnicas y el saber-hacer) y el tronco (capacidad de producción) son tan importantes como las ramas (líneas de productos, mercados). El objetivo de los

árboles es establecer una radiografía de la empresa, con el fin de tener en cuenta sus competencias distintivas y su dinámica, en la elaboración de las opciones estratégicas.

La elaboración completa de un árbol de competencias es un trabajo considerable, que impone una recopilación exhaustiva de los datos de la empresa (desde el saber-hacer hasta las líneas de productos y mercados) y de su entorno competencial. Esta recopilación comparativa es indispensable para el diagnóstico estratégico del árbol de competencias: fortalezas y debilidades de las raíces, del tronco y de las ramas. Este diagnóstico debe ser retrospectivo antes que ser prospectivo.

A.6.4. Análisis de impacto simple (SIM, Single-Impact Analysis)

Existen diversos métodos para la evaluación sistemática de los impactos de los eventos posibles. Los efectos de la implantación de nuevas tecnologías y del impacto del cambio del entorno, son dos ejemplos de dichas metodologías. Un análisis de impactos simples es el análisis de un impacto de forma unidireccional. Cuando se conduce un análisis de esta naturaleza es necesario tener una situación base, como por ejemplo una lista de pasos o etapas del escenario o algunas alternativas de escenarios, es decir, el análisis puede utilizarse en diversas áreas dentro del proceso de los escenarios. (Ver Cuadro A.6.1)

Cuadro A.6.1. Análisis de impacto simple

Paso/Alternativa	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
1. Actor 1	++	+	--	--
2. Actor 2	-	+/-	++	+
3. Actor 3	++	++	+	++
4. Actor 4	-	++	-	--

Fuente: Adaptado de Lindgren *et al*, 2003.

El presente cuadro muestra un ejemplo en donde ciertas etapas/alternativas estratégicas han sido ponderadas de acuerdo al desempeño que se ha observado dentro de los diferentes escenarios.

A.6.5. Los árboles de pertinencia (Godet *et al*, 2000)

El objetivo principal, en el marco de una metodología integrada, es identificar proyectos coherentes, es decir, opciones estratégicas compatibles a la vez con la identidad de la empresa y los escenarios más probables del entorno. Este método, aplicado en su origen sobre todo en el área de la investigación tecnológica y militar, tiene como objetivo ayudar a la selección de acciones elementales u operaciones en vistas a satisfacer objetivos generales. La técnica consiste en relacionar los diferentes niveles jerarquizados de un problema, discurrendo de un nivel general (nivel superior) a un nivel particular (niveles inferiores). Este método comprende dos fases (ver Figura A.6.2):

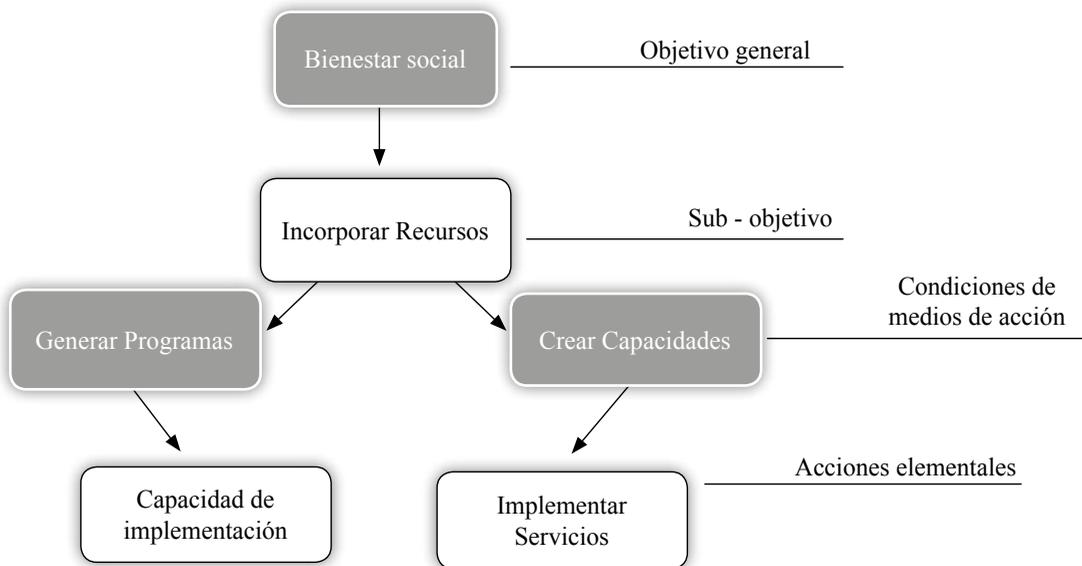


Figura A.6.2 Árbol de pertinencia

Fuente: Elaboración propia.

- 1) *Construcción del árbol de pertinencia*: Se distinguen en esta fase las finalidades (niveles superiores que engloban la política, las misiones, los objetivos) y los medios (niveles inferiores, que reagrupan a los medios, a los subsistemas y a

los subconjuntos de acciones, así como las acciones elementales). Los diferentes niveles corresponden, por tanto, a objetivos cada vez más detallados del sistema de decisión o a los medios necesarios para ponerlos en marcha (el árbol se descompone generalmente entre 5 a 7 niveles). La construcción de este árbol, aparentemente sencillo, debe cumplir ciertos imperativos: (1) No existe nexo entre nudos de un mismo nivel (independencia de los elementos de un mismo nivel); y (2) No existe nexo directo entre nudos de dos niveles sucesivos.

- 2) La notación del gráfico y la evaluación de las acciones: La finalidad de esta fase es mediar la aportación de cada acción a los objetivos del sistema. Para ello se da una nota (llamada pertinencia) a cada arista del gráfico. La nota atribuida a una acción de nivel (i-1) refleja su contribución a la realización de las acciones de nivel directamente superior (i). En esta fase del estudio deben de jerarquizar las vías de decisión según la importancia de su contribución a la realización del objetivo inicial (fase de agregación). Para cada nivel se establecen matrices (parrillas multicriterios). En las filas figuran los m elementos (acciones) del nivel (i-2) y en las columnas, los n criterios del nivel (i-1), y para cada criterio se evalúa la contribución de cada uno de los elementos en la satisfacción de tal criterio.

A.6.6. Producción de eventos futuros

La creación de eventos futuros es una metodología creativa que permite la generación de grandes cantidades de eventos de forma intuitiva o sistemática. Lo anterior puede ser realizado mediante una tormenta de ideas, en donde cada uno de los eventos es escrito en pequeñas notas (como pestañas autoadheridas) o a través de un análisis de consecuencias de forma sistemática, en el cual la función generadora de consecuencias se encuentra inmersa dentro de una gran dosis de creatividad. Antes de que los eventos sean generados, estos deben de agruparse en clústers y estructurados dentro de un tiempo dado. Contradictoriamente, las predicciones son resueltas y la líneas o líneas de tiempo plausibles debe ser construidas. Durante el proceso pueden añadirse nuevos eventos. Este método es comúnmente utilizado por productores y escritores.

A.6.7. La probabilidad de los efectos

Este método es una forma rápida para la evaluación de los impactos, tendencias, cambios o fenómenos que pueden ser fácilmente concentrados y agrupados en esencia. El método se basa en el hecho de que existen dos aspectos intrínsecos dentro de los eventos o fenómenos: la probabilidad de ocurrencia y las consecuencias de dichos eventos si estos llegasen a ocurrir.

El proceso resulta ser simple, y puede llevarse a cabo de la siguiente manera:

- Se deben listar los eventos, impactos, tendencias, cambios o fenómenos.
- Asignar una probabilidad a cada uno de los eventos, impactos, tendencias, cambios o fenómenos que pudiesen ocurrir dentro de una escala entre 1 y 100 (o solamente asignando probabilidades como baja, media o alta). Si se trata de una tendencia, se debe inferir la fuerza de ésta.
- Asignar una probabilidad a las consecuencias dentro de una escala entre 1 y 100 (o solamente asignando probabilidades como baja, media o alta). Resulta conveniente separar o clasificar las consecuencias de acuerdo a su impacto: corto, mediano y largo plazo (ver Figura A.6.3.).
- El grupo se debe enfocar sobre los cambios probables con consecuencias extensivas.

A través de la combinación de este tipo de análisis, mediante la apelación al conocimiento que se tenga de las tendencias o fenómenos, es posible construir y obtener un panorama sobre los vacíos de nuestro conocimiento. Para ello se hace necesario, revisar cada una de las tendencias o fenómenos en cuestión (ver Cuadro A.6.2) y revisar la información y conocimiento que se posee de éstos. Para lo anterior se requiere cuantificar y autenticar la información adquirida.

Cuadro A.6.2. Ejemplificación de esquema para recolección de información

Tendencia	Horizonte de tiempo	Probabilidad	Efecto	Conocimiento / Información
1. Factor x	Corto			
	Largo			
2. Factor y	Corto			
	Largo			
3. Factor z	Corto			
	Largo			

Fuente: Adaptado de Lindgren *et al*, 2003

En este sentido es posible la construcción de un marco de todos aquellos asuntos y tópicos en los cuales se deberá enfocarse para la recolección de información, y para el análisis dentro del proceso. Se deberá marcar con un círculo el tópico o situación dentro del diagrama de la figura A.6.3. Si el tópico o situación se encuentra en la zona crítica, es decir, en intersección entre el área libre de riesgo y la zona crítica, se tendrá que poner especial interés, en la autenticación y en la búsqueda de más información que permita una toma de decisión de forma clara y lo más precisa posible (aunque no siempre se logra).

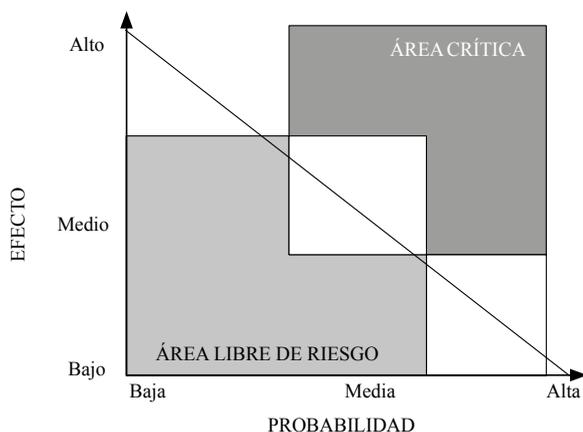


Figura A.6.3. Probabilidad de ocurrencia de los efectos

Fuente: Adaptado de Lindgren *et al*, 2003.

A.7. MÉTODOS SISTÉMICOS

A.7.1. Análisis de la complejidad y la incertidumbre

El mapeo de la complejidad y de la velocidad del entorno del negocio es a menudo un buen punto de partida. Un incremento en la complejidad significa un incremento de oportunidades inmersas dentro de una gran variedad de imprevistos. Algunos de los cambios dentro del ambiente de los negocios pueden ser lineales, pero muchos no siguen dicho patrón (ver cuadro A.7.1.).

Cuadro A.7.1. Ejemplificación de un análisis de complejidad e incertidumbre

Situación/Acciones*	Completamente en desacuerdo			Completamente de acuerdo			
	1	2	3	4	5	6	7
Acciones tomadas por la organización que puedan afectar fuertemente a la competencia.	1	2	3	4	5	6	7
El ambiente del negocio es complicado y se ve afectado por algunos factores no muy bien definidos y sus relaciones influyen el desempeño de la organización.	1	2	3	4	5	6	7
Resulta difícil ver la forma en que se puede desplegar o prever el cambio.	1	2	3	4	5	6	7
la entrada al mercado de nuevos competidores es frecuentemente impredecible.	1	2	3	4	5	6	7
Existen muchas situaciones imprevistas con las que se tiene que lidiar.	1	2	3	4	5	6	7
El desempeño de la organización es influenciado grandemente por políticas públicas impredecibles.	1	2	3	4	5	6	7
El mercado presentará un crecimiento en los próximos años.	1	2	3	4	5	6	7
Las oportunidades de negocio por los siguientes 12 meses parecen buenas.	1	2	3	4	5	6	7
Las preferencias de nuestros consumidores se encuentran en constante cambio.	1	2	3	4	5	6	7
Los valores dentro de la sociedad se encuentran inmersos en un cambio continuo.	1	2	3	4	5	6	7
El ambiente de negocio se encuentra cambiando constantemente.	1	2	3	4	5	6	7
La tasa de innovación dentro del mercado es alta.	1	2	3	4	5	6	7

*Complejidad (preguntas 1 – 6) y Cambio (preguntas 7 – 12).

Fuente: Adaptado parcialmente de Lindgren *et al*, 2003.

En el Cuadro A.7.1. se observan algunas preguntas que nos pueden indicar el grado de rapidez y complejidad dentro del entorno competitivo en cuestión. Las primeras seis preguntas se encuentran relacionadas con la complejidad y la no predecibilidad del cambio. Las preguntas de la 7 a la 12 están relacionadas con el cambio en forma general (no indican la complejidad del sistema).

El diagrama de rapidez y complejidad que se muestra en la Figura A.7.1, permite trazar cada una de las unidades de negocio, las áreas de producción o de los productos, o el entorno o ambiente en que se desenvuelve toda la compañía dentro de un mercado determinado. La conveniencia del escenario dentro del proceso de planeación, difiere de ecosistema a ecosistema. Cuando la incertidumbre se distribuye de forma continua (ver Figura A.7.2) debe ser utilizado otro tipo de metodologías de planeación de escenarios, especialmente cuando los niveles de incertidumbre son bajos. Las estrategias pueden diferir entre cada tipo de ecosistema. Cuando se presentan niveles de incertidumbre bastante bajos, resulta deseable adoptar estrategias preactivas, en las cuales puede ser introducida la incertidumbre a través de estrategias nuevas e innovativas. Si la incertidumbre es alta, la creación de estabilidad y certidumbre dentro del mercado es usualmente la forma más efectiva para la consecución de una posición dominante dentro del éste.

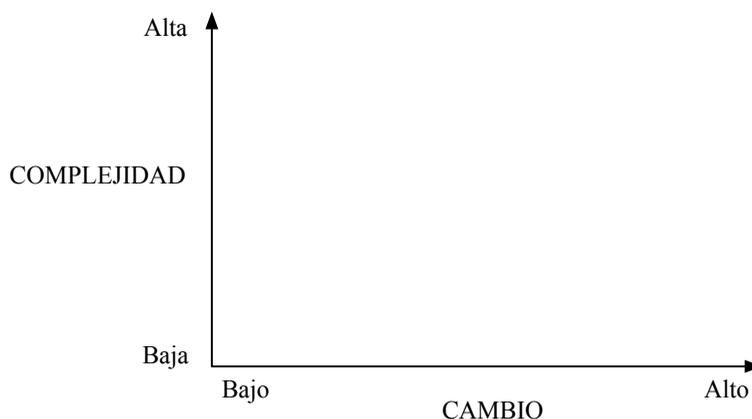


Figura A.7.1. Diagrama de la complejidad y la velocidad del cambio

Fuente: Adaptado parcialmente de Lindgren and Bandhold, 2003.

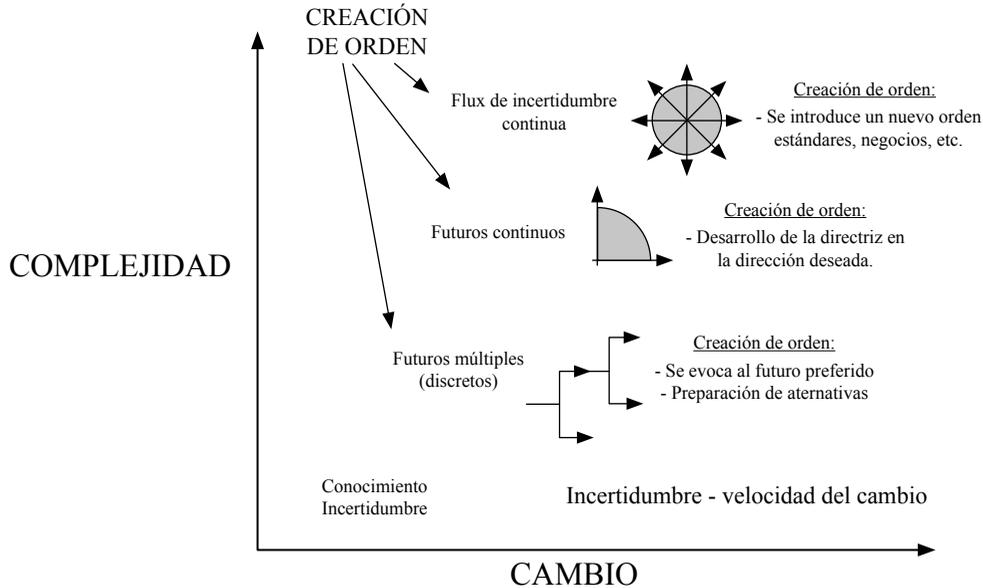


Figura A.7.2. Diferentes tipos de incertidumbre sobre diferentes niveles de complejidad y sus respectivas estrategias

Fuente: Adaptado parcialmente de Lindgren *et al*, 2003.

A.7.2. Análisis de impactos cruzados

El análisis de impactos cruzados (o análisis estructurado) es un método que permite observar la forma en que las diferentes tendencias o acciones afectan a las demás, o para analizar la interrelación entre cada una de las variables del sistema.

Mediante esta metodología se puede realizar el análisis de consecuencias de forma extendida, en el cual se pretende visualizar e identificar, la dependencia de cada una de las variables, pudiéndose identificar así mismo, las fuerzas motrices y los factores clave que intervienen dentro del escenario.

El análisis de impactos cruzados puede llevarse a cabo en una forma simple e informal mediante grupos de trabajo de la manera siguiente:

- 1) Como requisito se requiere de una lista de las tendencias o factores clave a analizar. A menudo resulta mejor identificar las variables como tendencias en una dirección determinada.
- 2) La creación de un esquema (ver Cuadro A.7.2.) en donde puedan ser vertidas las variables.
- 3) Se debe considerar y valorar casilla por casilla, la interrelación y la influencia de cada una de las variables de forma positiva, negativa o neutra, utilizando una escala entre -2 y 2 .
- 4) En esta etapa se debe realizar una suma algebraica de forma horizontal y vertical, utilizando el valor absoluto de cada casilla sin tomar en cuenta el signo. La suma de cada columna indica la fuerza de la dirección de la variable, es decir, cuál es la influencia de ésta sobre las otras. La suma de cada columna indica el nivel de dependencia de cada variable. Posteriormente se procede a trazar las tendencias en un diagrama, graficando la dependencia en un eje, y en el otro la dirección de la variable (se trata de identificar si posee dirección propia, o si su dirección depende de otras variables).

Cuadro A.7.2. Ejemplificación de una matriz de impacto cruzado

Tendencia/ variable	1	2	3	4	5	6	Suma
1	-	-2	-1	2	0	1	6
2	2	-	0	0	0	0	2
3	-1	0	-	0	2	0	3
4	-2	2	1	-	2	1	8
5	2	0	2	0	-	-1	5
6	0	2	-2	2	-1	-	7
Suma	7	6	6	4	5	3	-

Dentro del presente ejemplo, la variable número 4 presenta la mayor fuerza (tendencia o dirección) y la variable 1 resulta ser la más dependiente (en relación a las demás).

Las sumas se realizan en términos absolutos.

Fuente: Adaptado parcialmente de Lindgren *et al*, 2003.

Cuando las tendencias/variables han sido trazadas dentro del diagrama (ver Figura A.7.3., las dependencias y las vías de relación tienden a ser más claras. La fuerza del análisis de los impactos cruzados es la de clarificar las preasunciones establecidas y la detección de ideas incoherentes. Además, como resultado se obtiene la dependencia/independencia de las variables/tendencias/factores analizados, y posibilita la identificación de las partes de que consta el sistema. Cuando se requiere de un análisis cualitativo, o el problema resulta ser complejo.

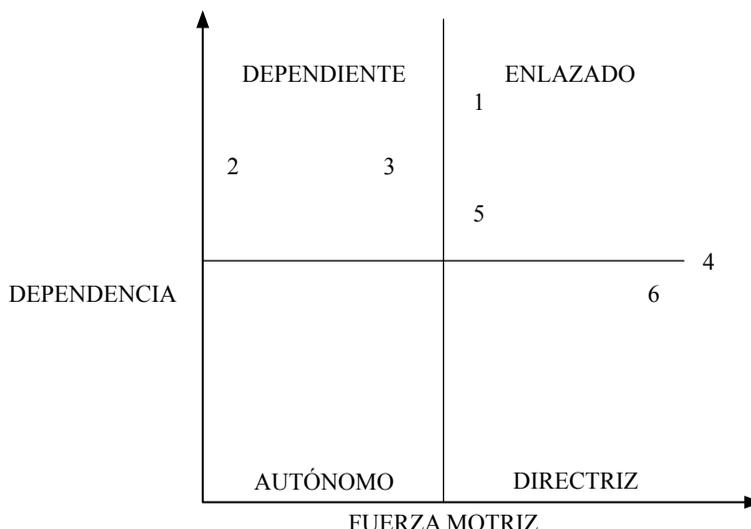


Figura A.7.3. Diagrama de impacto cruzado

Fuente: Adaptado parcialmente de Lindgren *et al*, 2003.

A.7.3. El análisis estructural (Godet *et al*, 2000)

El análisis estructural es una herramienta de estructuración de una reflexión colectiva. Ofrece la posibilidad de describir un sistema con ayuda de una matriz que relaciona todos sus elementos constitutivos. El interés primero del análisis estructural es estimular la reflexión en el seno del grupo y de hacer reflexionar sobre los aspectos contraintuitivos del comportamiento de un sistema. Tales resultados nunca deben ser tomados al pie de la letra, sino que su finalidad es

solamente obtener la primera aproximación antes de refinar la identificación de variables. Partiendo de esta descripción, este método tiene como objetivo hacer aparecer las principales variables con mayor grado de influencia y dependencia (las variables esenciales en la evolución del sistema). El análisis estructural se realiza por un grupo de trabajo compuesto por actores y expertos con experiencia demostrada; pero ello no excluye la intervención de "consejeros" externos. El análisis estructura se compone de 3 fases:

- 1) *Listado de las variables*: La primera etapa consiste en enumerar el conjunto de variables que caracterizan el sistema estudiado y su entorno (tanto las variables internas como las externas); en el curso de esta fase conviene ser lo más exhaustivo posible y no excluir a priori ninguna pista de investigación. Es aconsejable alimentar el listado de variables mediante conversaciones libres con personas que se estima son representantes de actores del sistema estudiado. Finalmente, se obtiene una lista homogénea de variables internas y externas al sistema considerado.
- 2) *Descripción de relaciones entre las variables*: Bajo un prisma de sistema, una variable existe únicamente por su tejido relacional con las otras variables. También el análisis estructural se ocupa de relacionar las variables en un tablero de doble entrada o matriz de relaciones directas. Por cada pareja de variables se plantean las cuestiones siguientes: ¿existe una relación de influencia directa entre la variable *i* y la variable *j*? en caso negativo, se anota 0, en el caso contrario, se pregunta si esta relación de influencia directa es, débil (1), mediana (2), fuerte (3) o potencial (4). Este procedimiento de interrogación hace posible no sólo evitar errores, sino también ordenar y clasificar ideas, dando lugar a la creación de un lenguaje común en el seno del grupo; de la misma forma ello permite redefinir las variables y, en consecuencia, afinar el análisis del sistema.
- 3) *Identificación de las variables clave con MICMAC (Matrices de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada para una Clasificación)*: Esta fase consiste en la identificación de variables clave, es decir, esenciales a la

evolución del sistema; en primer lugar, mediante una clasificación directa (de realización fácil), y posteriormente, por una clasificación indirecta. Esta clasificación indirecta se obtiene después de la elevación en potencia de la matriz. La comparación de la jerarquización de las variables en las diferentes clasificación (directa, indirecta y potencial) es un proceso rico en enseñanzas. Ello permite no sólo confirmar la importancia de ciertas variables, sino también develar ciertas variables que, en razón de sus acciones indirectas, juegan un papel principal que la clasificación directa no ponía de manifiesto.

A.7.4. El método MACTOR (Godet *et al*, 2000)

El método de análisis de juego de actores, MACTOR, busca valorar las relaciones de fuerza entre los actores y estudiar sus convergencias y divergencias con respecto a un cierto número de posturas y de objetivos asociados. A partir de este análisis, el objetivo de la utilización del método MACTOR es el de facilitar a un actor una ayuda para la decisión de la puesta en marcha de su política de alianzas y de conflictos. Una de las desventajas del método es que presupone un comportamiento coherente de todos los actores en relación con sus finalidades, lo cual se encuentra a menudo en contradicción con la realidad. Entre sus ventajas encontramos que MACTOR posee un carácter que permite implicar numerosos actores frente a una serie de posturas y de objetivos asociados. El método MACTOR comprende siete fases:

- 1) *Construir el cuadro estrategias de los actores*: La construcción de este cuadro se refiere a los actores que controlan las variables clave surgidas del análisis estructural: el juego de estos actores motores es lo que explica la evolución de las variables controladas. Primero se establece carta de identidad de cada actor: sus finalidades, objetivos, proyectos en desarrollo y en maduración (preferencias), sus motivaciones, obligaciones y medios de acción internos (coherencia), su comportamiento estratégico pasado (actitud), – en sintonía con lo anterior, se examinan paralelamente los medios de acción de que dispone cada actor sobre los otros para llevar a buen término sus proyectos.

- 2) *Identificar los retos estratégicos y los objetivos asociados*: La interacción entre los actores, en función de sus finalidades, proyectos y medios de acción a ellos asociados, permite revelar un cierto número de retos estratégicos sobre los que los actores tienen objetivos convergentes o divergentes.
- 3) *Situar cada actor en relación con los objetivos estratégicos (matriz de posiciones)*: Se debate en esta etapa una representación matricial Actores x Objetivos la actitud actual de cada actor en relación a cada objetivo indicando su acuerdo (+1), su desacuerdo (-1) o bien su neutralidad (0). Para enumerar los juegos de alianzas y de conflictos posibles, el método MACTOR precisa del número de objetivos sobre los cuales los actores, tomados de dos a dos, están en convergencia o divergencia. Se generan dos gráficos complementarios de convergencias después de las divergencias posibles. Dichos gráficos permiten visualizar los grupos de actores en convergencia de intereses, evaluar su grado de libertad aparente, identificar los actores más amenazados potencialmente y analizar la estabilidad del sistema.
- 4) *Jerarquizar para cada actor sus prioridades de objetivos (matriz de posiciones evaluadas)*: Los gráficos construidos anteriormente son bastante elementales porque no tienen en cuenta más que el número de convergencias y divergencias de los objetivos entre actores. Para comparar el modelo de la realidad conviene tener en cuenta igualmente la jerarquización de los objetivos para cada actor. Se evalúa entonces la intensidad del posicionamiento de cada actor con la ayuda de una escala específica.
- 5) *Evaluar las relaciones de fuerza de los actores*: Se construye una matriz de influencias directas entre actores a partir de un cuadro estratégico de actores valorando los medios de acción de cada actor. Las relaciones de fuerza son calculadas teniendo en cuenta la fidelidad de los medios de acción directos e indirectos (un actor puede actuar sobre otro por mediación de un tercero). Se construye un plano de influencia-dependencia de actores. El análisis de las relaciones de fuerza de los actores antepone las fuerzas y las debilidades de cada uno los actores, sus posibilidades de bloqueo, etc. (ver Figura A.7.4.).

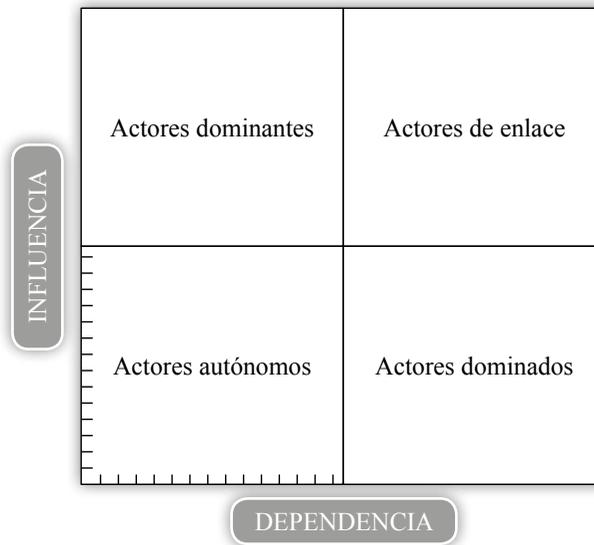


Figura A.7.4. Plano de influencia – dependencia de actores.

Fuente: Adaptado de Godet *et al*, 2000.

6) *Integrar las relaciones de fuerza en el análisis de convergencias y de divergencias entre actores:* Decir que un actor pesa dos veces más que otro en la relación de fuerza global, es dar implícitamente un doble peso a su implicación sobre los objetivos que le interesan. El objeto de esta etapa consiste justamente en integrar la relación de fuerza de cada actor con la intensidad de su posicionamiento en relación a los objetivos. Lo anterior conlleva a la generación de nuevos gráficos de convergencias y divergencias posibles entre todos los actores. La comparación entre las series de gráficos permite observar la deformación de alianzas y conflictos potenciales teniendo en cuenta la jerarquización de objetivos y las relaciones de fuerza entre los actores.

7) *Formular las recomendaciones estratégicas y las preguntas clave del futuro:* A través de la formulación de preguntas y la visualización de las relaciones entre actores, es posible establecer las recomendaciones estratégicas apropiadas para afrontar las situaciones que pudieran desplegarse a partir de la visualización de los antagonismos identificados.

A.7.5. Análisis de sistemas

El análisis de sistemas en épocas recientes se ha convertido en una herramienta popular para la descripción y el análisis de sistemas complejos. La teoría de sistemas es frecuentemente utilizada dentro de la ingeniería de control y automatización, dentro de la cual se diseñan y analizan diversos sistemas, circuitos y anillos de control, así como de entrada y salida de señales. Pero, así mismo, la teoría de sistemas es la base de algunas modernas terapias de familia.

La teoría de sistemas está edificada bajo dos asunciones básicas. La primera, las partes del sistema solamente pueden ser entendidas a cabalidad bajo y dentro de su contexto, tomado en cuenta a su vez la totalidad en consideración. Segunda, en orden de entender el todo, es necesario identificar las partes y el papel que juegan internamente. La fortaleza de la teoría de sistemas está dada por la posibilidad de manejo de sistemas grandes y complejos, además de que permite la creación de modelos de trabajo de la realidad.

Existen básicamente dos tipos de sistemas: aquellos que poseen una retroalimentación positiva y los que poseen una retroalimentación negativa. La primera clase de sistemas, aquellos que se van autoreforzando, si la fuerza de un componente se refuerza, las demás se comportan de igual forma y viceversa. Estos sistemas deben ser estrictamente controlados desde el exterior, de lo contrario éstos son capaces de ocasionar su propia destrucción.

Los de retroalimentación negativa son sistemas activos ya autorregulados. Éstos poseen una fuerza interna hacia el balance y la utilización de la energía en forma continua. El incremento en una parte del sistema produce un decremento en otra. Estos sistemas autorregulados tienden generalmente hacia el equilibrio (es decir se encuentran oscilando a través del tiempo).

A.7.6. Mapeo causal/diagramas de lazos o relaciones causales

Mediante el uso del razonamiento antes mencionado, es posible describir un

sistema mediante un conjunto de lazos o relaciones causales. La descripción de un sistema mediante lazos o relaciones causales, es una forma efectiva para clarificar la dinámica y la interacción del sistema dentro de un análisis de escenarios. Mediante la utilización de esta metodología es posible identificar las debilidades, los factores clave, los escenarios alternativos, etc., involucrados en una situación. Existen algunas reglas que se deben tener en cuenta cuando se trabaja con lazos o relaciones causales, como son éstas:

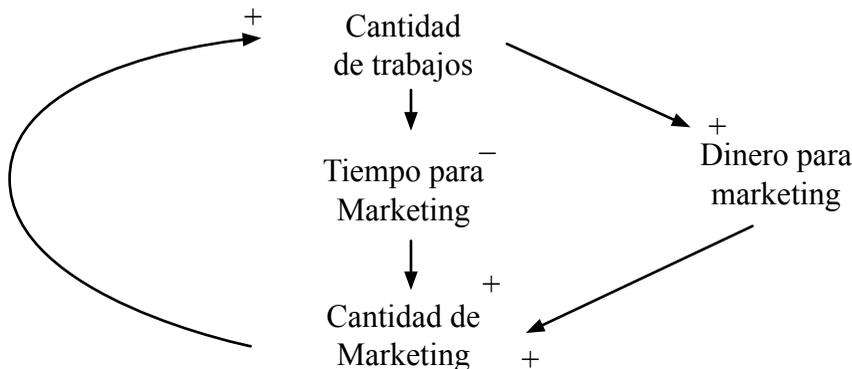
- Se debe tratar de dar una descripción cuantitativa a todas las variables involucradas (número de trabajos, tiempo, costo, etc.).
- Identificar todas las variables de forma positiva (no necesariamente, pero facilita el proceso).
- Las interrelaciones entre cada una de las variables deben ser explicadas.
- Cerrar todos los lazos causales.

A.7.7. El análisis de sistemas como una herramienta de aprendizaje

En épocas recientes se ha incrementado, la resolución de problemas de una forma sistémica. Es por ello que se deben tener en cuenta algunas consideraciones cuando se utilizan los modelos como herramientas de aprendizaje en grupos: directivos, administrativos, educacionales, etc., como son las siguientes (ver Figuras A.7.5. y A.7.6.):

- Se debe permitir que el grupo construya su propio modelo. De esta forma, el modelo se convierte en una representación de los participantes basados en sus propios modelos mentales. A menudo lo anterior resulta difícil para un grupo de trabajo el retomar el modelo de una persona o un experto exterior a la organización.
- Se debe incluir la experiencia de un especialista en el área (de modelos), el cual actúa como consultor durante el proceso.

- Se debe tratar de construir modelos simples. Un modelo nunca puede ser más que un modelo. Mientras más simple mejor.



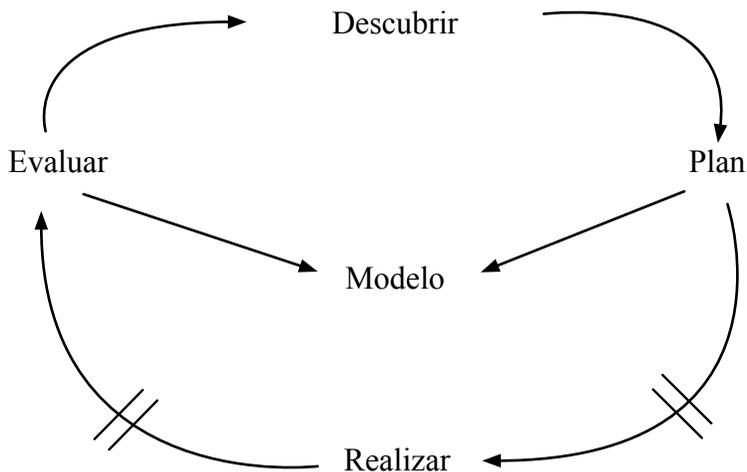
Gráfica A.7.5. Ejemplificación con fines ilustrativos de una situación común en pequeñas compañías

Fuente: Adaptado parcialmente de Lindgren and Bandhold, 2003.

Las ventajas en la construcción de modelos como proyectos de aprendizaje son las siguientes:

- Proporciona la oportunidad de cuestionarse y de introducir nuevos modelos mentales.
- Crea y conduce hacia un aprendizaje dentro del proceso.
- Posibilita el entendimiento de las interrelaciones dentro del sistema.
- Permite la construcción y la realización de experimentos (libres de riesgos) dentro de un ambiente artificial a niveles macro y/o micro.
- Fuerza a los participantes a expresar sus pensamientos de forma clara, explícita y con lógica.

- El proceso revela las interrelaciones y la complejidad de las situaciones.



Gráfica A.7.6. Ventajas del modelo de sistemas

Fuente: Adaptado parcialmente de Lindgren *et al*, 2003.

A.8. MÉTODOS MULTICRITERIO

Dentro de los proyectos en la etapa la evaluación y selección de alternativas u opciones de cambio, los criterios de evaluación o compensación pueden resultar tan disimiles que se dificulta encontrar la mejor opción dentro de una gama amplia de posibilidades. Lo anterior da como resultado una evaluación de múltiples criterios que posibilita encontrar una opción viable que conlleva a resolver el problema de una forma estructurada e incluyente. La solución de un problema multicriterio no depende sólo de la naturaleza del mismo, sino que también del propio decisor. Cada decisor asigna una importancia relativa diferente a cada uno de los criterios seleccionados de acuerdo con la estructura de preferencias elegida en interactividad con el analista. Los Métodos de Relaciones de Superación, en general, admiten la existencia de alternativas incomparables, debido a la naturaleza conflictiva de los criterios, muchas de las alternativas de un problema multicriterio son incomparables entre sí. Lo anterior, conduce al decisor a investigar bajo qué criterios las alternativas

evidencian un buen comportamiento y bajo cuáles su desempeño es deficiente, para proceder luego a efectuar la mejor elección de acuerdo a su propio esquema de preferencias. La formulación de un problema multicriterio puede expresarse en los siguientes términos:

$$\text{Max } \{g_1(a), g_2(a), \dots, g_j(a), \dots, g_k(a) / a \in A\}$$

Donde A es un conjunto de alternativas factibles y $\{g_j(\cdot), j=1, \dots, k\}$ = un conjunto de criterios de evaluación. Si bien se expresa como un problema de maximización, lo normal es que algunos criterios deban maximizarse y otros minimizarse al mismo tiempo, lo cual no representa ningún obstáculo para su consideración. Dentro de un problema multicriterio la relación de dominancia se define de diferentes maneras dependiendo del método que se utilice. Así pues, es posible identificar las alternativas dominadas, indiferentes o incomparables entre sí. Aquellas alternativas que no son dominadas se denominan soluciones o alternativas eficientes. Sin embargo, la identificación de las alternativas eficientes no resuelve el problema al decisor, ya que es imposible concluir sin alguna información acerca de sus preferencias. En realidad, ningún problema multicriterio puede ser tratado adecuadamente si no se dispone de información adicional.

A.8.1. Promethee GAIA (Brans *et al*, 2005)

PROMETHEE I (ranking parcial) y PROMETHEE II (ranking completo) fueron desarrollados por J.P. Brans y presentados por primera vez en 1982 durante una conferencia organizada por R. Nadeau y M. Landry en la Université Laval, Quebec, Canadá (*L'Ingenierie de la Décision. Elaboration d'instruments d'Aide à la Décision*). Unos pocos años después J.P. Brans y B. Mareschal desarrollaron PROMETHEE III (ranking basado en intervalos) y PROMETHEE IV (caso continuo). Los mismos autores propusieron en 1988 el módulo visual interactivo GAIA, que proporciona una representación gráfica de la metodología PROMETHEE. En 1992 y 1994, Brans *et al*, sugirieron dos extensiones: PROMETHEE V (MCDA con restricciones de segmentación) y PROMETHEE VI (representación del cerebro humano). A lo largo del tiempo ha habido un

número considerable de aplicaciones exitosas de la metodología PROMETHEE en campos tan diversos como el financiero, localización de industrias, planificación de recursos humanos, recursos hídricos, inversión, medicina, química, salud, turismo, ética y administración. El éxito de la metodología es debido, entre otras razones, a sus propiedades matemáticas y a su particular facilidad de uso por parte de los usuarios (Brans *et al*, 2005).

En la última década se ha observado un creciente número de publicaciones referidas a la Ayuda a la Decisión Multicriterio en las que se proponen nuevos e interesantes métodos. Este campo de investigación se va enriqueciendo notablemente a medida que transcurren los años y son más las aportaciones que recibe. Todos estos métodos afrontan el tratamiento del mismo problema básico, pero varían entre sí de acuerdo al tipo de información adicional que requieren (Fernández, 2002). La ventaja de los Métodos PROMETHEE frente al resto de sus competidores es que requiere de información adicional muy clara y precisa, información que puede ser fácilmente obtenida por el decisor con la permanente y activa colaboración del analista. Los métodos PROMETHEE fueron diseñados y llevados a la práctica para tratar problemas multicriterio donde el conjunto de alternativas, A , es un conjunto finito de alternativas factibles. En este caso el decisor se enfrenta con una matriz de decisión (ver cuadro A.8.1), que consiste en una tabla de evaluaciones del siguiente tipo (Brans *et al*, 2005):

Es importante enfatizar que la matriz debe ser siempre evolutiva, es decir que podrían considerarse alternativas adicionales, a medida que se obtiene mayor cantidad de información durante el progreso del proceso de decisión, nuevos criterios de evaluación o la eliminación temporal de otros. La estructuración de la matriz se va alcanzando en forma progresiva, y para ello deben considerarse argumentos normativos, constructivos, descriptivos y prescriptivos. La información adicional requerida por los métodos PROMETHEE consiste en (Brans *et al*, 2005):

- Información entre los distintos criterios (intercriterios).
- Información propia de cada criterio (intracriterio).

Cuadro A.8.1. Matriz de Decisión: Tabla de evaluaciones

	$g_1(\cdot)$	$g_2(\cdot)$	...	$g_j(\cdot)$	...	$g_k(\cdot)$
A_1	$g_1(a_1)$	$g_2(a_1)$	...	$g_j(a_1)$	...	$g_k(a_1)$
A_1	$g_1(a_2)$	$g_2(a_2)$	...	$g_j(a_2)$	...	$g_k(a_2)$
...
A_1	$g_1(a_i)$	$g_2(a_i)$	...	$g_j(a_i)$	...	$g_k(a_i)$
...
A_1	$g_1(a_n)$	$g_2(a_n)$	...	$g_j(a_n)$	...	$g_k(a_n)$

Fuente: Adaptado de (Brans *et al*, 2005).

La información entre los distintos criterios consiste en el establecimiento de pesos o ponderaciones que reflejen la importancia relativa de cada uno de ellos. Así, un criterio será más importante que otro cuando su peso sea mayor. Los pesos se suponen siempre positivos y no existe ninguna objeción para considerar pesos normalizados. La labor de determinación de los pesos no resulta trivial ni sencilla debido a que la componente subjetiva existente es muy fuerte; podríamos afirmar que la selección de los pesos es el espacio de libertad del decisor, es decir aquel ámbito donde él puede expresar libremente sus preferencias conforme a la estructura de las mismas que tiene en su mente (Brans *et al*, 2005).

La información propia de cada criterio se refiere a la forma en que el decisor percibe la escala específica en la que será expresado cada uno de ellos. Para cada criterio se define una función de preferencia particular $P_j(\dots)$ que indica el grado de preferencia asociado a la mejor alternativa en el caso de las comparaciones binarias, de acuerdo con la desviación entre las evaluaciones de las alternativas para ese criterio en particular. Así, pues, para pequeñas desviaciones el decisor asignará una reducida preferencia a la mejor alternativa, mientras que para grandes desviaciones la preferencia será mayor. De esta forma, en los métodos PROMETHEE se sugiere modificar la modelización de las preferencias del decisor, considerando para cada criterio, algunas posibles extensiones. Tales extensiones reciben el nombre de criterios generalizados (Brans *et al*, 2005).

El plano GAIA

El proceso GAIA consiste en un módulo de interacción visual complementario de la metodología PROMETHEE (Macharis *et al.*, 1988). El plano *GAIA* ofrece al decisor una descripción gráfica clara del problema de decisión, enfatizando los conflictos existentes entre los criterios y el impacto de los pesos en la decisión final. Este enriquecimiento en la comprensión de la estructura del problema es esencial; ya que sería bastante difícil alcanzar una buena decisión sin una adecuada comprensión y conocimiento del problema en cuestión. Mientras que los análisis del PROMETHEE I y II son bastante prescriptivos, el análisis *GAIA* es más descriptivo y está orientado gráficamente. El análisis *GAIA* se fundamenta en el análisis de los flujos netos obtenidos a partir de la descomposición del flujo neto global. A estos efectos se asocia un flujo neto unicriterio a cada uno de los criterios (Brans *et al.*, 2005):

$$\phi = (a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} [P_j(a,b) - P_j(b,a)]$$

Siendo $\phi_j(a)$ el flujo neto unicriterio obtenido en el caso de considerar sólo al criterio $g_j(\cdot)$. De esta forma, el flujo neto multicriterio puede expresarse en función de los flujos netos unicriterio así:

$$\phi(a) = \sum_{j=1}^k \phi_j(a) - w_j$$

En comparación con las evaluaciones de los criterios $g_j(\cdot)$, los flujos unicriterio $\phi_j(\cdot)$ contienen mayor cantidad de información acerca de la estructura de preferencias del decisor, debido al uso de las funciones de preferencia; dichos flujos están expresados en escalas similares, siendo independientes de las escalas originales de los criterios. Cada alternativa puede representarse en el espacio k -dimensional por un vector cuyas componentes son los flujos unicriterio, $\phi_j(\cdot)$ ($j = 1, 2, \dots, k$):

$$\infty(a): \{\phi_1(a), \phi_2(a), \phi_3(a), \dots, \phi_k(a)\}$$

Consecuentemente, el conjunto de alternativas puede representarse por una nube de n puntos en el espacio k -dimensional R^k . Dado el número de criterios (usualmente, es mayor que dos) resulta imposible obtener una clara visión de la posición relativa de los puntos con respecto a los criterios. Por lo tanto se proyectará la información incluida en el espacio k -dimensional sobre un plano (Brans *et al*, 2005).

El Método *GALIA* utiliza la técnica de Análisis de Componentes Principales para proyectar en forma óptima esta información sobre un plano, que se denomina plano *GALIA*. Así pues, se proyectan sobre el plano *GALIA* los puntos que representarán a las alternativas y los vectores unitarios de los ejes de coordenadas que representarán a los criterios. El plano *GALIA* es el plano que conserva la mayor cantidad de información posible respecto de la nube de puntos una vez efectuada la proyección. Este análisis permite distinguir qué alternativas son adecuadas bajo un criterio particular, dado que las mismas se localizarán en la dirección del eje correspondiente sobre el plano *GALIA*. Adicionalmente, los criterios representados por ejes con orientaciones similares expresan preferencias afines, mientras que aquellos cuyos ejes están orientados en direcciones opuestas corresponden a criterios en conflicto entre sí.

Otro elemento que debe tenerse en cuenta es la longitud de cada eje representativo de los criterios, ya que constituye una medida del poder de discriminación relativo de los criterios respecto del conjunto de alternativas (Brans *et al*, 2005).

Cabe señalar que la calidad de la información que pueda ser obtenida está directamente relacionada con el porcentaje δ , el cual indica la cantidad de información que conserva el plano *GALIA* después de la proyección. En la mayoría de las aplicaciones en condiciones reales δ es superior al 70%; esto significa que el plano *GALIA* ofrece una representación bastante fiable de los problemas de decisión. Aunque el plano *GALIA* incluye un porcentaje δ de la información total, se constituye en una herramienta de visualización gráfica para el análisis de la estructura de un problema multicriterio. El poder de discriminación de los criterios, sus aspectos conflictivos, así como también la calidad de cada alternativa sobre los diferentes criterios se vislumbran con mucha claridad y sencillez. Hasta el momento la información que puede representarse en el

plano *GAI*A es totalmente independiente de los pesos de los criterios, pero los pesos también pueden representarse en el plano *GAI*A mediante un vector k -dimensional (Brans *et al*, 2005).

A.8.2. La técnica ELECTRE (Sánchez-Guerrero, 2003)

ELECTRE es una técnica que analiza diversas alternativas de solución mediante criterios múltiples a través de relaciones binarias de sobreclasificación. Aunque existen algunas otras técnicas sustitutas, tales como la técnica de la suma ponderada o el proceso de jerarquización analítica, las características que la técnica *ELECTRE* posee la hacen sumamente atractiva para quienes desean jerarquizar y seleccionar un conjunto de alternativas. *ELECTRE* se basa en la comparación de parejas de soluciones. Este principio se tomó de la regla expresada en el siglo XVIII por el filósofo francés, el marqués de Condorset, que dice: “*Cuando una acción “A” es mejor que una “B” en la mayoría de los criterios de decisión y además, no existe un criterio para el cual “A” es claramente peor que “B”, o en otras palabras, que “A” domina a “B”, o bien, “B” está sobre clasificada respecto a “A”.* No fue sino hasta el año de 1966 cuando el matemático francés Bernard Roy plantea formalmente la técnica denominada *ELECTRE (Eliminatin Et Choix Traduisant la REalite)*.

La técnica utiliza información objetiva y/o subjetiva para evaluar simultáneamente un conjunto de alternativas a_i bajo diversos criterios de evaluación, l_j que pueden ser homogéneos, heterogéneos, cuantificables, cualificables o mezcla de ellos. La manera de hacerlo es mediante el manejo de relaciones de preferencia, las cuales comparan las evaluaciones e_{ij} parciales asignadas a las alternativas a_i , identificando la(s) mejor(es) mediante un proceso de sobre clasificación (Sánchez-Guerrero, 2003).

Se han desarrollado cuatro modelos *ELECTRE* y algunas variaciones a los mismos. Actualmente existe software para los modelos III y IV. Aquí se presenta de manera sencilla el modelo *ELECTRE* I. Un riguroso análisis comparativo de varios modelos multicriterio; puede consultarse en el trabajo realizado por Triantaphyllow (2000). El procedimiento de la técnica *Electre* consta de una serie de pasos como se muestra en la figura A.8.1. (Sánchez-Guerrero, 2003):

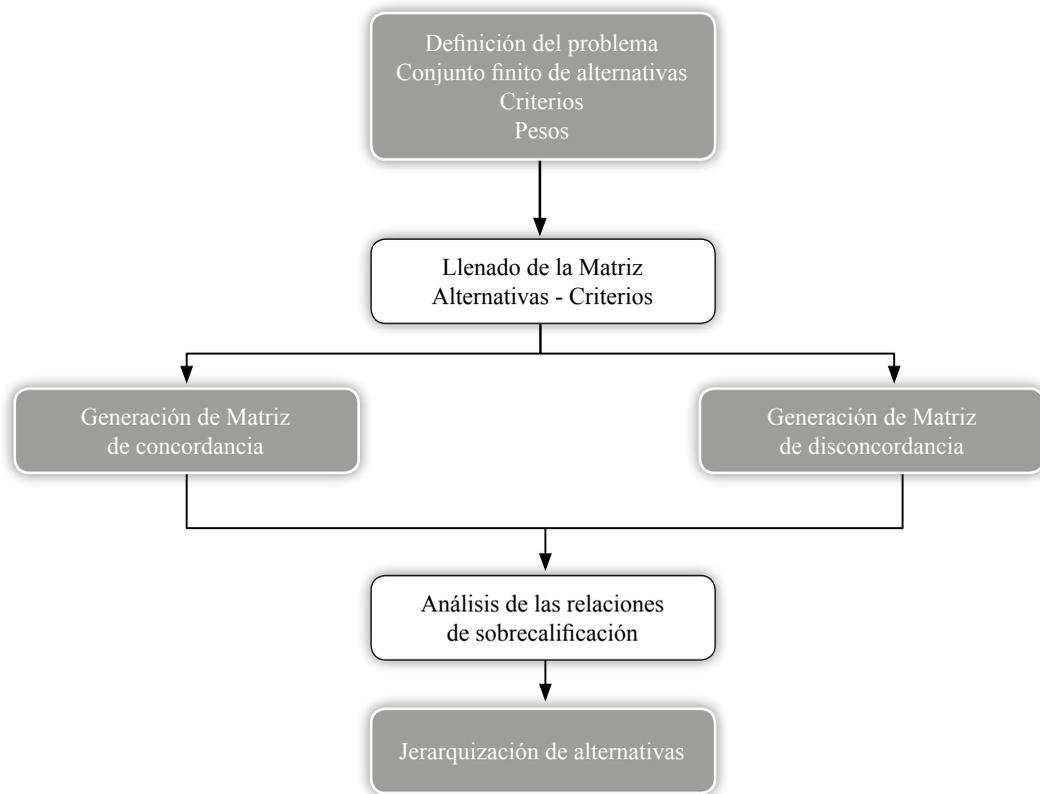


Figura A.8.1. Procedimiento de la técnica de Electre

Fuente: Adaptado de Sánchez-Guerrero, 2003).

Definición del problema:

Se define el problema y se determina de la siguiente forma:

- a. Un conjunto finito y homogéneo A de alternativas a_i ($i = 1, 2, \dots, n$) que se desean priorizar.
- b. Los criterios I_j ($j = 1, 2, \dots, m$) de evaluación, mutuamente exclusivos y exhaustivos con los que se pretende priorizar: político, rentabilidad, ecológico, cercanía del mercado, necesidades de inversión, etc.

- c. Los pesos W_j ($j = 1, 2, \dots, m$) asociados a cada uno de los criterios y sus escalas de medición cualitativas y/o cuantitativas. Hay que recordar que no todos los criterios necesariamente tienen el mismo peso específico para el decisor, por lo que habrá que asignarles un valor. Asimismo, no todos los aspectos pueden ser medidos con una misma escala de medición, y en consecuencia también pueden tener diferentes rangos.

Llenado de la matriz de alternativas-criterios:

A continuación se capturan las evaluaciones e_{ij} para cada una de las alternativas a_i con base en los diversos criterios I_j establecidos. Estas se pueden obtener mediante la realización de diversos estudios, como encuestas, opinión de los expertos, simulaciones, etc.

Generación de la matriz de concordancia (medida ordinal)

Teniendo las evaluaciones e_{ij} de la matriz de alternativas-criterios se construye la matriz de concordancia. Esta matriz expresa qué tanta preferencia hubo en las evaluaciones de las alternativas con base en los criterios establecidos. La concordancia se realiza con la siguiente regla: Las evaluaciones serán comparadas por pares para cada uno de los criterios; para dos opciones a_k , al, que son evaluadas por medio del criterio I_j , preferimos la alternativa a_k sobre la alternativa al sí y solo si se cumple la condición $e_{kj}(a_k) \geq e_{lj}(a_l)$. La concordancia se calcula con la siguiente expresión:

$$C_{kj} = \frac{\sum_{j=1}^n \prod_{kl} W_j}{\sum_{j=1}^n W_j}$$

Donde $W_j = (W_1, W_2, \dots, W_n)$ es el vector de pesos que refleja la importancia o peso específico de cada criterio de evaluación. \prod_{kl} es un parámetro de impacto: será 1 si $e_{kj} \geq e_{lj}$, será 0 si $e_{lj} > e_{kj}$. Realizando lo anterior se genera la matriz de concordancia $C = c(a_k, a_l)$ que consiste de n filas y n columnas. Los elementos de la matriz C son C_{kl} , donde: $k=1, 2, \dots, n$ y $l= 1, 2, \dots, n$.

Generación de la matriz de discordancia (medida cardinal)

A partir de los datos de la matriz de alternativas-criterios se construye la matriz de discordancia. Esta matriz expresa qué tanta indiferencia hubo en las evaluaciones de las alternativas con base a los criterios. La discordancia se realiza con la siguiente regla: Se considera adecuado, al mayor rango relativo que no está en concordancia con la hipótesis de que a_k es preferida a a_l . Esto es, que $\Pi_{kl} = 0$.

$$D = \frac{\max \{e_{ij} - e_{kj} \mid j = 1, 2, \dots, m\}}{d} \quad k \neq l$$

Donde $\max [e_{ij} - e_{kj}]$, es el máximo rango de las escalas asociadas a los criterios de evaluación en que $e_{ij} > e_{kj}$; y D es el rango máximo de las escalas asociadas a los criterios de evaluación. Realizando lo anterior se genera la matriz de discordancia $D = d(a_k, a_l)$.

Análisis de las relaciones de sobre clasificación

A continuación se hace un análisis de sobre clasificación utilizando la información de las matrices de concordancia y discordancia empleada. Un elemento a_k R (sobre clasifica o domina) a otro al si cumple con lo siguiente:

- a. Existe un indicador de mayoría de criterios para los cuales se puede afirmar que a es al menos tan bueno como al (índice de concordancia).
- b. Ningún criterio en de acuerdo con esta mayoría muestra una superioridad demasiado fuerte que al es mejor que a_k (índice de discordancia).

Para definir lo que se entiende como mayoría o superioridad se definen dos parámetros denominados: parámetro de concordancia p y parámetro de discordancia q . En consecuencia, $a_k R$ al si existe $p, q \in [0, 1]$ tal que:

$$C(a_k, a_l) \geq p \text{ y } D(a_k, a_l) < q$$

Donde P y q son definidos arbitrariamente en $[0,1]$. En algunas ocasiones se maneja que el umbral de concordancia de p varia 0.5 a 1.0, siendo más severo en su aproximación a 1; y que el umbral de discordancia q es más severo cuando se aproxima a 0. Un perfecto resultado para la concordancia es 1 y un fatal resultado para la discordancia es 0. Se dice que a_k es la mejor opción, si dados los números p y $q \in [0,1]$ sucede que:

- Ninguna opción domina a a_k .
- Y para toda $a \in A$, $a \neq a_k$ existe.

El papel que están desempeñando los parámetros p y q dentro del proceso *ELECTRE*, es similar al que tiene la tasa de descuento para el cálculo del valor presente neto en la evaluación financiera de proyectos; y consiste en cribar los proyectos o alternativas cerrando o abriendo la trama de la criba definida por p y q . A continuación, a cada relación de sobreclasificación se le asocia una gráfica paramétrica $G(p, q) = (A, U_{(p,q)})$, y después de realizar varios análisis de sensibilidad con diversas parejas de parámetros p y q , y teniendo varias graficas paramétricas asociadas a cada uno de los análisis, se hace una conjunción de ellos y se jerarquizan las alternativas, expresándose en una gráfica síntesis (Sánchez-Guerrero, 2003).

A.8.3. MACBETH (García *et al*, 2000)

Es un procedimiento interactivo de ayuda a la decisión que cuantifica los elementos de un conjunto finito de alternativas a partir de las manifestaciones efectuadas por un agente. Su principal objetivo es conseguir una medida cardinal sobre cada una de las alternativas, basada en las intensidades de preferencia que un agente muestra, en forma de juicios de valor, entre ella y las restantes alternativas. Estos autores establecen dos fases esenciales que debe tener toda metodología de ayuda a la decisión y, por tanto, el método *MACBETH*: la fase de estructuración y la fase de evaluación (García *et al*, 2000). La primera debe proporcionar a los agentes involucrados en el problema las bases para poder analizar los factores relevantes que se quieren estudiar. La segunda comienza con la manifestación de

las preferencias de cada uno de los agentes sobre dichas alternativas, en relación con varios criterios prefijados.

El método *MACBETH* contempla en primer lugar una evaluación individual, por parte de cada agente, de las distintas alternativas recogidas en el conjunto X . Los agentes deberán jerarquizarlas mediante un orden débil estricto (relación binaria asimétrica y negativamente transitiva) P , de forma que para cualesquiera $x, y \in X$, xPy significa que el agente prefiere la alternativa x a la alternativa y . Posteriormente se cuestiona al agente sobre la intensidad de preferencia que él siente entre cada par de alternativas de acuerdo con la siguiente escala semántica (García *et al*, 2000):

- Categoría C0: indiferencia.
- Categoría C1: intensidad de preferencia muy débil.
- Categoría C2: intensidad de preferencia débil.
- Categoría C3: intensidad de preferencia moderada.
- Categoría C4: intensidad de preferencia fuerte.
- Categoría C5: intensidad de preferencia muy fuerte.
- Categoría C6: intensidad de preferencia extrema.

En este sentido, cuando un alternativa x se prefiere a otra y con una intensidad de preferencia correspondiente a la categoría C_k , se denota $(x,y) \in C_k$. A continuación se analiza si las manifestaciones del agente satisfacen la siguiente condición de consistencia: para cualesquiera $x, y, z \in X$ y $k, k' \in \{1,2,3, 4,5,6\}$, $((x,y) \in C_k$ y $(y,z) \in C_{k'} \rightarrow (x,z) \in C_{k''}$, con $k'' \geq \max \{k,k'\}$ MACBETH incorpora una serie de programas informáticos que analizan los resultados obtenidos y comprueban si existe una escala numérica $v: X \rightarrow IR$, representativa de las preferencias de los agentes y que satisfaga las dos condiciones siguientes (García *et al*, 2000):

Condición I (condición ordinal): para cualesquiera $x, y \in X$, $xPy \leftrightarrow v(x) > v(y)$.

Condición II (condición semántica): para cualesquiera $k, k' \in \{1,2,3, 4,5,6\}$ y $x, y, w, z \in X$, con $(x,y) \in C_k$ y $(w, z) \in C_{k'}$, $k > k' \rightarrow v(x) - v(y) > v(w) - v(z)$.

La condición ordinal indica que una alternativa es más atractiva que otra a juicio del agente si y sólo si el valor asignado a la primera es mayor que el valor asignado a la segunda. La condición semántica dice que si la intensidad de preferencia que se siente entre dos alternativas es mayor que la intensidad que se siente entre otras dos, entonces la diferencia entre los valores asignados a las dos primeras es superior a la diferencia de valores entre las dos últimas (García *et al*, 2000). Si no es posible satisfacer estas dos últimas condiciones se estaría en una situación de inconsistencia semántica y no se podría encontrar ninguna valoración numérica de las alternativas que represente, en el sentido deseado, las manifestaciones del agente. En este caso, *MACBETH* muestra las fuentes de inconsistencia y sugiere al agente modificaciones en sus manifestaciones iniciales. No obstante, el agente es libre de modificarlas, en este sentido, y (Bana e Costa *et al*, 1999) proponen una debilitación de la condición semántica (García *et al*, 2000).

Por el contrario, si se satisfacen las dos condiciones mencionadas, *MACBETH* determina por medio de un programa lineal, una primera escala que representa dichas manifestaciones. En esta situación de consistencia semántica la escala propuesta se discute con el agente para conocer si ésta muestra adecuadamente las diferencias relativas de atractivo que él siente entre esas alternativas. Si no es así, *MACBETH* presenta para cada alternativa el intervalo de valores que puede tomar, de forma que se sigan cumpliendo las condiciones citadas; surge de esta manera la escala definitiva que, a juicio del agente, valora las distintas alternativas respecto del criterio analizado (García *et al*, 2000). Tras la evaluación individual, el último paso es encontrar una medida del atractivo global de las distintas alternativas para el agente, teniendo en cuenta la totalidad de los criterios utilizados. Para ello, Bana e Costa *et al*, (1999) proponen un procedimiento de agregación aditivo en el que las ponderaciones otorgadas a cada criterio se determinan por *MACBETH* de una forma indirecta, a partir de la información que proporcionan los agentes sobre sus preferencias entre una serie de alternativas ficticias, definidas de forma que sean buenas para uno solo de los criterios y neutrales para el resto (García *et al*, 2000).

ANEXO II

ECUACIONES DE YULE – WALKER PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS COEFICIENTES EN MÉTODOS AR

Si se tienen series de tiempo discretas con media cero de la forma $\{x_i\}_i^N$ (proceso AR), se requiere estimar los coeficientes de orden p del proceso $AR(p)$, es decir:

$$x_{i+1} = \phi_1 x_i + \phi_2 x_{i-1} + \dots + \phi_p x_{i-p+1} + \xi_{i+1}$$

Para la o cual podemos encontrarlos de la siguiente forma:

Cuando p es igual a 1

Es decir: $x_{i+1} = \phi_1 x_i + \xi_{i+1}$, podemos formar un sistema matricial de la siguiente forma:

$$\underbrace{\begin{pmatrix} x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_N \end{pmatrix}}_b = \underbrace{\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_{N-1} \end{pmatrix}}_A$$

El cual puede ser fácilmente resuelto mediante un estimador de mínimos cuadrados, es decir:

$$\hat{\phi} = (A^T A)^{-1} A^T b = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} x_i x_{i+1}}{\sum_{i=1}^{N-1} x_i^2} = \frac{c_1}{c_0} = r_1$$

En donde c_i y r_i son el i ésimo coeficiente de la autocovariancia y correlación respectivamente.

Cuando p es igual a 2

Es decir:

$$\underbrace{\begin{pmatrix} x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_N \end{pmatrix}}_b \quad \underbrace{\begin{pmatrix} x_2 & x_1 \\ x_3 & x_2 \\ \vdots & \vdots \\ x_{N-1} & x_{N-2} \end{pmatrix}}_A \quad \underbrace{\begin{pmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \end{pmatrix}}_{\Phi}$$

Matricialmente hablando, tenemos:

$$\hat{\Phi} = (A^T A)^{-1} A^T b$$

Cuando se requiere calcular un coeficiente con un intercepto (es decir cuando la media de los valores no sea igual a cero), entonces en la primera columna sustituimos los valores de x por un valor unitario (1). Así mismo, la matriz de variancias y covariancias puede ser estimada consistentemente mediante:

$$\hat{\Sigma}_{\Phi p} = \hat{\sigma}_{\xi}^2 (A^T A/t)^{-1}$$

En donde:

$$\hat{\sigma}_{\xi}^2 = \frac{(b - A\hat{\Phi})^T (b - A\hat{\Phi})}{t - 2p}$$

De donde la expresión anterior es la estimación, mediante mínimos cuadrados, de la varianza (ruido blanco), y t es el tamaño de la muestra que se está utilizando.

ANEXO III

EQUIVALENCIA DE TASAS DE RENDIMIENTOS E INTERPOLACIÓN DE TASAS

Las tasas de rendimiento pueden expresarse con distintos periodos de capitalización; por ejemplo, pueden ser semestrales, trimestrales, anuales, etc., a través de la equivalencia de tasas se puede obtener una tasa equivalente a una convención distinta. Dentro de las tasas de interés podemos mencionar estas:

- a) La tasa de interés se determina mediante la oferta y demanda de fondos.
- b) Una tasa de interés es el precio del dinero en el mercado.
- c) La mayoría de los agentes del mercado son tan pequeños (en relación al tamaño del mercado) que son precios aceptantes.
- d) La existencia de varias tasas dentro del mercado, implica la existencia de varios mercados (segmentados por riesgo de crédito, liquidez, etc.).
- e) Una tasa puede reflejar varios conceptos: una tasa libre de riesgo país, premio por liquidez, premio por riesgo de mercado, premio por riesgo idiosincrásico, inflación, etc.

Una tasa de interés simple solo se capitaliza una vez, una tasa de interés compuesto asume que los intereses se reinvierten al terminar el plazo. Una tasa de interés continua es el límite de la tasa compuesta, cuando el periodo de composición tiende a infinito, es decir que:

$$\lim_{m \rightarrow \infty} r_m \left(1 + \frac{r_s}{m} \right)^{mt} = e^{rt}$$

Para entender a cabalidad una tasa, es necesario conocer su tipo de capitalización. Toda vez conocida su tipo de capitalización es posible algebraicamente convertir una tasa capitalizable en m periodos a otra equivalente en n periodos, de la siguiente forma:

$$\left(1 + \frac{r_n}{n}\right)^{nt_2} = \left(1 + \frac{r_m}{m}\right)^{nt_1}$$

$$\left(1 + \frac{r_n}{n}\right)^{nt_2} = \left(1 + \frac{r_m}{m}\right)^{\frac{mt_1}{nt_2}}$$

$$\frac{r_n}{n} = \left(1 + \frac{r_m}{m}\right)^{\frac{mt_1}{nt_2}} - 1$$

$$r_n = n \left(1 + \frac{r_m}{m}\right)^{\frac{mt_1}{nt_2}} - 1$$

De igual forma es posible realizar este tipo de conversiones utilizando tasas continuas (utilizando el número “e” como base):

$$\left(1 + \frac{r_n}{n}\right)^{nt_2} = e^{r_c t_1}$$

$$\left(1 + \frac{r_n}{n}\right) = e^{\frac{r_c t_1}{nt_2}}$$

$$\frac{r_n}{n} = e^{\frac{r_c t_1}{nt_2}} - 1$$

$$r_n = \left[e^{\frac{r_c t_1}{nt_2}} - 1 \right]$$

Así mismo, se tiene que:

$$e^{r_c t_1} = \left[1 + \frac{r_n}{n} \right]^{nt_2}$$

$$r_c t_1 = \ln \left[1 + \frac{r_n}{n} \right]^{nt_2}$$

$$r_c = \left[\ln \left[I + \frac{r_n}{n} \right]^{nt_1} \right] \frac{I}{t_1}$$

En otras palabras, se puede decir que si se tiene una tasa i_m , en donde m indica el número de días de capitalización y se desea convertir a una tasa i_k , en donde k son los días de capitalización, se puede utilizar la siguiente expresión:

$$\left(I + i_m \frac{m}{360} \right)^{\frac{360}{m}} = \left(I + i_k \frac{k}{360} \right)^{\frac{360}{k}}; \text{ en donde } i_k = \left[\left(I + i_m \frac{m}{360} \right)^{\frac{k}{m}} - I \right] \frac{360}{k}$$

Existen dos caso en los que existe una variante a la expresión antes mencionada: el de una tasa simple al plazo y el de una tasa continua. Si se tiene una tasa i_m , donde m indica el número de días de capitalización y se desea convertir a una tasa simple r_p a un plazo de p días, la aplicación del modelo de tasas equivalentes sería la siguiente:

$$i_p = \left[\left(I + i_m \frac{m}{360} \right)^{\frac{p}{m}} - I \right] \frac{360}{p}$$

Si se tiene una tasa simple r_p a un plazo de p días y se desea convertir a un tasa continua q , la aplicación del modelo de tasas equivalentes sería el siguiente:

$$e^{q \frac{p}{360}} = I + r_p \frac{p}{360}$$

Por lo tanto:

$$q = \ln \left(I + r_p \frac{p}{360} \right) \frac{360}{p}$$

Interpolación cúbica con estimación lineal de pendientes

El método de la interpolación cúbica con estimación lineal de pendientes consiste en la interpolación de un número n de nodos de la forma $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2) \dots, (X_n, Y_n)$, utilizando una familia de $n - 1$ polinomios de tercer grado, es decir que se requiere pronosticar un valor Y_i , asociado a un valor X_i donde:

$$Y_i = S_i(X) = a_i(X - X_i)^3 + b_i(X - X_i)^2 + c_i(X - X_i) + d_i$$

En donde el subíndice i , indica el polinomio de tercer grado que asocia a los nodos $(X_i, Y_i), (X_{i+1}, Y_{i+1})$. Para obtener la interpolación se hace necesario obtener los coeficientes a_i, b_i, c_i y d_i de cada polinomio a partir de los nodos conocidos; de manera más explícita podemos decir que la familia de los $n - 1$ polinomios es la siguiente:

$$Y = S(X) = \begin{cases} S_1(X) = a_1(X - X_1)^3 + b_1(X - X_1)^2 + c_1(X - X_1) + d_1 & \text{Para } X_1 \leq X \leq X_2 \\ S_2(X) = a_2(X - X_2)^3 + b_2(X - X_2)^2 + c_2(X - X_2) + d_2 & \text{Para } X_2 \leq X \leq X_3 \\ \dots \\ S_{n-1}(X) = a_{n-1}(X - X_{n-1})^3 + b_{n-1}(X - X_{n-1})^2 + c_{n-1}(X - X_{n-1}) + d_{n-1} & \text{Para } X_{n-1} \leq X \leq X_n \end{cases}$$

Para lo cual se tiene un sistema con $4n - 4$ incógnitas (los coeficientes de cada uno de los polinomios), y así mismo se establecerán el mismo número de condiciones ($4n - 4$) a la curva, con el fin de obtener el valor de cada una de las incógnitas.

Propiedades de la curva

- *Congruencia con nodos originales:* Cada polinomio debe pasar por los nodos o puntos originales que lo generaron, por lo que:

$$S_i(X_i) = Y_i \quad \text{Para } i = 1, 2, \dots, n - 1$$

Lo que da como resultado, la obtención de $n - 1$ condiciones.

- *Continuidad:* La curva debe ser continua, por lo que se incluye la condición

de que el último valor del polinomio anterior i , debe ser igual al valor del polinomio posterior $i + 1$, dicha condición se expresa de la siguiente forma:

$$S_i(X_{i+1}) = S_{i+1}(X_{i+1}) = Y_{i+1} \quad \text{Para } i = 1, 2, \dots, n-2$$

$$S_{n-1}(X_n) = Y_n \quad \text{Para } i = 1, 2, \dots, n-2$$

Lo que da como resultado la obtención de $n - 1$ condiciones.

- *La curva debe ser derivable (suavidad de la curva)*: Para los nodos o valores que se encuentran ubicados en los puntos extremos, la derivada evaluada con el polinomio anterior debe ser igual a la derivada valuada con el polinomio posterior, así:

$$S_{i-1}(X_i) = S_i(X_i) \quad \text{Para } i = 1, 2, \dots, n-2$$

Donde la primera derivada está dada por $S_i'(X) = 3a_i(X - X_i)^2 + 2b_i(X - X_i) + c_i$, con lo cual se obtienen $n - 2$ condiciones.

- *Condiciones de frontera*: Las pendientes de la curva en los puntos extremos, son definidas como la pendiente de cada recta formada por los dos primeros y últimos puntos, respectivamente.

$$S_1'(X_1) = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \quad \text{y} \quad S'_{n-1}(X_n) = \frac{Y_n - Y_{n-1}}{X_n - X_{n-1}}$$

Con lo cual, se obtienen dos condiciones más.

- *Estimación lineal de pendientes*: Para encontrar el valor con la que se igualan las derivadas de los nodos internos, se define la pendiente como el promedio ponderado de las pendientes de las dos rectas formadas con nodos adyacentes, siempre y cuando cuenten con el mismo signo; en caso contrario la pendiente será igual a cero.

$$S_i(X_i) = \begin{cases} \frac{1}{3}m_{i-1,i} + \frac{2}{3}m_{i,i+1} & \text{Para } m_{i-1,i} * m_{i+1,i} > 0 \\ 0 & \text{Para } m_{i-1,i} * m_{i+1,i} \leq 0 \end{cases}$$

En donde:

$$m_{i,i+1} = \frac{Y_{i+1} - Y_i}{X_{i+1} - X_i}$$

Con lo que se obtienen $n - 2$ condiciones más. Con las cinco propiedades anteriores se forma un sistema de $4n - 4$ ecuaciones y $4n - 4$ incógnitas, por lo que es posible encontrar los coeficientes de cada polinomio.

Interpolación por cubic splines

El modelo de interpolación mediante cubic splines, es similar al modelo anterior, la única diferencia es que en este caso se asumen propiedades con la segunda derivada.

Se cuenta con la información de n nodos conocidos, de la forma $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_n)$, utilizando una familia de $n - 1$ polinomios de tercer grado, es decir:

$$Y_i = S_i(X) = a_i(X - X_i)^3 + b_i(X - X_i)^2 + c_i(X - X_i) + d_i$$

En donde el subíndice i , indica el polinomio de tercer grado que asocia a los nodos $(X_i, Y_i), (X_{i+1}, Y_{i+1})$. De manera más explícita podemos decir que la familia de los $n - 1$ polinomios es la siguiente:

$$Y = S(X) = \begin{cases} S_1(X) = a_1(X - X_1)^3 + b_1(X - X_1)^2 + c_1(X - X_1) + d_1 & \text{Para } X_1 \leq X \leq X_2 \\ S_2(X) = a_2(X - X_2)^3 + b_2(X - X_2)^2 + c_2(X - X_2) + d_2 & \text{Para } X_2 \leq X \leq X_3 \\ \dots & \\ S_{n-1}(X) = a_{n-1}(X - X_{n-1})^3 + b_{n-1}(X - X_{n-1})^2 + c_{n-1}(X - X_{n-1}) + d_{n-1} & \text{Para } X_{n-1} \leq X \leq X_n \end{cases}$$

Se tiene $4n - 4$ incógnitas (los coeficientes de cada polinomio), por lo que se establecen $4n - 4$ ecuaciones que deben reflejar las siguientes propiedades:

- *Congruencia con nodos originales*: Cada polinomio debe pasar por los nodos o puntos originales que lo generaron, por lo que:

$$S_i(X_i) = Y_i \quad \text{Para } i = 1, 2, \dots, n - 1$$

Lo que da como resultado, la obtención de $n - 1$ condiciones.

- *Continuidad*: La curva debe ser continua, por lo que se incluye la condición de que el último valor del polinomio anterior i debe ser igual al valor del polinomio posterior $i + 1$, Dicha condición se expresa de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} S_i(X_{i+1}) &= S_{i+1}(X_{i+1}) = Y_{i+1} && \text{Para } i=1, 2, \dots, n - 2 \\ S_{n-1}(X_n) &= Y_n && \text{Para } i=1, 2, \dots, n - 2 \end{aligned}$$

Lo que da como resultado la obtención de $n - 1$ condiciones.

- *La curva debe ser derivable (suavidad de la curva)*: Para los nodos o valores que se encuentran ubicados en los puntos extremos, la derivada evaluada con el polinomio anterior debe ser igual a la derivada valuada con el polinomio posterior:

$$S'_{i-1}(X_i) = S'_i(X_i) \quad \text{Para } i = 1, 2, \dots, n-2$$

Donde la primera derivada está dada por $S'_i(X) = 3a_i(X - X_i)^2 + 2b_i(X - X_i) + c_i$, con lo cual se obtienen $n - 2$ condiciones.

- *Segunda derivada de la función*: De la misma forma que en la primera derivada, en los nodos que se encuentren dentro de los nodos extremos, la segunda derivada evaluada en el polinomio anterior debe ser igual a la segunda derivada evaluada con el polinomio posterior, por lo que se obtienen $n - 2$ condiciones dadas por:

$$S''_{i-1}(X_i) = S''_i(X_i) \quad \text{para } i = 2, 3, \dots, n-1$$

Siendo la segunda derivada igual a:

$$S''_i(X) = 6a(X - X_i) + 2b_i$$

Con lo cual se obtienen $n - 2$ condiciones.

- *Condiciones de frontera:* Para incorporar las dos últimas ecuaciones necesarias para obtener los coeficientes de cada polinomio, se puede utilizar cualquiera de las siguientes condiciones de frontera:

$$(i) \quad S''_1(X_1) = S''_{n-1}(X_n) = 0 \quad \text{frontera libre o natural}$$

$$(ii) \quad S'_1(X_1) = f'(X_1) \quad \text{y} \quad S'_{n-1}(X_n) = f'(X_n) \quad \text{frontera sujeta}$$

La segunda opción conduce a condiciones de frontera delimitadas por:

$$S'_1(X_1) = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \quad \text{y} \quad S'_{n-1}(X_n) = \frac{Y_n - Y_{n-1}}{X_n - X_{n-1}}$$

ANEXO IV

MODELO DE TASA CORTA DE VASICEK ENFOQUE DE ECUACIONES DIFERENCIALES PARCIALES

El modelo de Vasicek de tasa corta, r_t , es conducido por la ecuación diferencial estocástica siguiente (si el lector quisiera profundizar en este tema, ver el trabajo de Venegas - Martínez 2006):

$$dr_t = a(b - r_t)dt + \sigma dW_t$$

El modelo de Vasicek (1977) forma parte de los llamados modelos de equilibrio general debido al uso de condiciones de no arbitraje para caracterizar el precio de un bono cupón cero dentro de un plazo de tiempo dado. El precio de un bono cupón cero que se coloca en t y que al vencimiento T paga una unidad monetaria se denotará mediante $B = B(r_t, t; T)$, o en una forma más simple, como $B = B(t, T)$. En el caso del modelo de Vasicek el precio de un bono cupón cero satisface la siguiente ecuación:

$$\frac{\partial B}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 \frac{\partial^2 B}{\partial r_t^2} + a(b - r_t) \frac{\partial B}{\partial r_t} - r_t B = 0 \quad (1)$$

La condición final corresponde al pago en el vencimiento del bono $B = B(t, T)$. Las condiciones de frontera dependen de a , b , σ y de r_t . Dado que la ecuación (1) no cuenta con derivadas parciales cruzadas; se supone entonces una solución de variables separables de la siguiente forma:

$$B(t, T) = e^{A(t, T) - r_t D(t, T)} \quad (2)$$

Se observa que la fecha de vencimiento, necesariamente es $A(t, T) = 0$ y $D(t, T) = 0$, ya que $B(t, T) = 1$. Con base en (1), las derivadas parciales de B con respecto de T y r_t , así como la segunda derivada parcial con respecto de r_t , están dadas por:

$$\begin{aligned}\frac{\partial B}{\partial t} &= \left(\frac{\partial A}{\partial t} - r_t \frac{\partial D}{\partial t} \right) B \\ \frac{\partial B}{\partial r_t} &= -DB \\ \frac{\partial^2 B}{\partial^2 r_t} &= D^2 B\end{aligned}$$

Después de sustituir las ecuaciones anteriores en (1) se tiene que:

$$\begin{aligned}\frac{\partial A}{\partial t} - r_t \frac{\partial D}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 D^2 - a(b - r_t) D - r_t &= 0 \\ \frac{\partial A}{\partial r_t} + \frac{1}{2} \sigma^2 D^2 - abD + r_t \left(-\frac{\partial D}{\partial t} + aD - 1 \right) &= 0\end{aligned}\quad (3)$$

Si se deriva (3) con respecto a r_t se obtiene:

$$\frac{\partial D}{\partial t} + aD = -1 = 0 \quad (4)$$

La solución de la ecuación diferencial anterior con condicional final $D(T, T) = 0$ está dada por:

$$\begin{aligned}D(t, T) &= D(T, T) e^{-a(T-t)} - e^{-a(T-t)} \int_T^t e^{a(T-s)} ds \\ D(t, T) &= \frac{1 - e^{-a(T-t)}}{a}\end{aligned}\quad (5)$$

De esta manera, al sustituir (5) e (3) se obtiene:

$$\begin{aligned}0 &= \frac{\partial A}{\partial t} r_t (aD - 1) + \frac{1}{2} \sigma^2 D^2 + (ar_t - ab) D - r_t \\ 0 &= \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 D^2 - abD \\ \frac{\partial A}{\partial t} &= b(1 - e^{-a(T-t)}) - \frac{\sigma}{2a^2} (1 - e^{-a(T-t)})^2\end{aligned}\quad (6)$$

La solución de la ecuación diferencial ordinaria anterior, con condición de frontera $A(T, T) = 0$, está dada por:

$$A(t, T) = b(t - T) - b \int_T^t e^{-a(T-s)} ds - \frac{\sigma^2}{2a^2} (t - T) + \frac{\sigma^2}{a^2} \int_T^t e^{-a(T-s)} ds - \frac{\sigma^2}{2a^2} \int_T^t e^{-a(T-s)} ds$$

En donde:

$$A(t, T) = \frac{1}{a^2} (D(t, T) - T + t) (a^2 b - (1/2) \sigma^2) - \frac{\sigma^2 D^2(t, T)}{4a} \quad (7)$$

Mediante los precios del bono para diferentes rendimientos, siempre que $B(t, T)$, $T \geq t$, se genera la estructura de plazos de la tasa de interés $R(t, T)$, utilizando la siguiente relación:

$$R(t, T) = -\frac{1}{T-t} \ln B(t, T)$$

En donde:

$$R(t, T) = -\frac{1}{T-t} [r_t D(t, T) - A(t, T)] \quad (8)$$

$$R(t, T) = -\frac{1}{T-t} \left[r_t D(t, T) - (D(t, T) - T - t) \left(b - \frac{\sigma}{2a^2} \right) - \frac{\sigma^2 D^2(t, T)}{4a} \right] \quad (9)$$

$$R(t, T) = -\frac{1}{T-t} \left[r_t D(t, T) + (D(t, T) - T + t) \left(b - \frac{\sigma}{2a^2} \right) - \frac{\sigma^2 D^2(t, T)}{4a} \right] \quad (10)$$

$$R(t, T) = r_t \frac{D(t, T)}{T-t} - \left(\frac{D(t, T)}{T-t} - 1 \right) \left(b - \frac{\sigma}{2a^2} \right) - \frac{\sigma^2 D^2(t, T)}{4a(T-t)} \quad (11)$$

$$R(t, T) = r_t \frac{1 - e^{-a(T-t)}}{a(T-t)} - \left(\frac{1 - e^{-a(T-t)}}{1 - e^{-a(T-t)}} - 1 \right) \left(b - \frac{\sigma}{2a^2} \right) + \frac{\sigma^2(1 - e^{-a(T-t)})}{4a^3(T-t)} \quad (12)$$

Los parámetros a y b pueden ser estimados utilizando un modelo de regresión lineal simple con el supuesto estándar de errores normales no correlacionados o bien mediante un proceso autoregresivo de orden uno con tendencia (con intercepto). Para fines prácticos el modelo de Vasicek puede plantearse en términos discretos como una ecuación estocástica en diferencias. Si se escribe $\beta_0 = ab$ y $\beta_1 = 1 - a$, una versión discreta del modelo sería igual a:

$$r_t = \beta_0 + \beta_1 r_{t-1} + \varepsilon_t \quad (13)$$

Donde $\{\varepsilon_t\}$ son variables aleatorias independientes y normalmente distribuidas con media cero y variancia σ^2 en donde la media incondicional de r_t es igual a:

$$E[r_t] = \frac{\beta_0}{1 - \beta_1} = b \quad (14)$$

Y la variancia incondicional está dada por:

$$Var [r_t] = \frac{\sigma^2}{(1 - \beta_1^2)} = \frac{\sigma^2}{1 - (1 - a^2)} \quad (15)$$

ANEXO V

MODELO DE TASA CORTA DE
COX, INGERSOLL Y ROSS (CIR)

Es imprescindible mencionar que la estructura de plazos generada por el modelo de Vasicek (1977), puede producir en ocasiones tasas negativas con probabilidades positivas. Afortunadamente, esta limitación se desvanece con el modelo propuesto por Cox, Ingersoll y Ross (1985), ya que en el modelo las tasas siempre son positivas. La tasa corta es conducida mediante la siguiente ecuación diferencial estocástica (si el lector quisiera profundizar sobre el tema, ver el trabajo de Venegas - Martínez 2006):

$$dr_t = a(b - r_t) dt + \sigma \sqrt{r_t} dW_t \quad (1)$$

Es importante observar que al considerar $\sqrt{r_t}$ en el término estocástico, el proceso de la tasa corta deja de tener una distribución normal. De hecho, en el presente caso, la distribución corresponde a una χ^2 no central. Este proceso presenta reversión a la media, como el modelo de Vasicek, pero la varianza es proporcional a $\sigma^2 r_t$ por unidad de tiempo, esto significa que conforme la tasa de interés corta aumenta, la desviación estándar aumenta.

En un mercado neutral al riesgo, el precio de un bono cupón cero, denotado por $B(t, T)$, satisface la ecuación diferencial parcial parabólica siguiente:

$$\frac{\partial B}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 r_t \frac{\partial^2 B}{\partial r_t^2} + a(b - r_t) \frac{\partial B}{\partial r_t} - r_t B_t = 0 \quad (2)$$

Junto con la condición de frontera $B(T, T) = 1$, en donde el precio de un bono cupón cero en el modelo CIR, no presenta derivadas parciales cruzadas; se supone una solución en variables separables, específicamente:

$$B(t, T) = e^{A(t, T) - r_t D(t, T)}$$

Claramente, $A(T, T) = D(T, T) = 0$, ya que el valor nominal del bono está dado por:

$$B(T, T) = e^{A(T, T) - r_t D(T, T)} = 1$$

En este caso se tiene que:

$$\frac{\partial B}{\partial t} = \left(\frac{\partial A}{\partial t} - r_t \frac{\partial D}{\partial t} \right) D$$

$$\frac{\partial B}{\partial r_t} - DB$$

$$\frac{\partial^2 B}{\partial r_t^2} = D^2 B$$

Si se sustituyen las derivadas parciales anteriores (2) se obtiene:

$$\left(\frac{\partial A}{\partial t} - r_t \frac{\partial D}{\partial t} \right) B + \frac{1}{2} \sigma^2 r_t D^2 B - r_t D^2 B - r_t B + (ar_t - ab) DB = 0$$

Equivalentemente:

$$\frac{\partial A}{\partial t} - r_t \frac{\partial D}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 r_t D^2 B - r_t + (ar_t - ab) D = 0 \quad (3)$$

Si se deriva la ecuación anterior con respecto a r_t , se sigue que:

$$\frac{\partial D}{\partial t} = \frac{1}{2} \sigma^2 \left(D^2 + \frac{2aD}{\sigma^2} - \frac{2}{\sigma^2} \right) \quad (4)$$

Separando variables y utilizando funciones parciales tenemos que:

$$\frac{dD}{(D - x_1)(D + x_2)} = \frac{1}{1} \sigma^2 dt \quad (5)$$

Y en este caso se observa que:

$$x_2 = \frac{a + \sqrt{a^2 + 2\sigma^2}}{\sigma^2}$$

$$x_1 = \frac{-a + \sqrt{a^2 + 2\sigma^2}}{\sigma^2} \quad (6)$$

Ahora bien, para encontrar el valor de y $D(t, T)$ se deben establecer las condiciones que han de cumplirse en la resolución de la ecuación cuadrática, considerando que x_1 y x_2 deberán de tener el mismo signo. Por motivos de espacio y debido a que la demostración matemática escapa de los objetivos del presente trabajo, se limitara a decir que en el caso del CIR es posible obtener curvas de rendimiento con pendientes positivas, con pendientes negativas o con máximos y/o mínimos. La curva de rendimiento del modelo CIR, se calcula como sigue:

$$R(t, T) = - \frac{\ln B(t, T)}{T-t} \tag{7}$$

$$R(t, T) = \frac{r_t D(t, T) - A(T-t)}{T-t} \tag{8}$$

En donde:

$$D(t, T) = \frac{2(e^{\sqrt{a^2 + 2\sigma^2(T-t)}} - 1)}{(a + \sqrt{a^2 + 2\sigma^2})(e^{\sqrt{a^2 + 2\sigma^2(T-t)}} - 1) + 2\sqrt{a^2 + 2\sigma^2}} \tag{9}$$

$$A(t, T) = \frac{2ab}{\sigma^2} \ln \left[\frac{2(a^{\sqrt{a^2 + 2\sigma^2(T-t)}}) e^{a + \sqrt{a^2 + 2\sigma^2(T-t)} * 0.5} - 1}{(a + \sqrt{a^2 + 2\sigma^2})(e^{\sqrt{a^2 + 2\sigma^2(T-t)}} - 1) + 2\sqrt{a^2 + 2\sigma^2}} \right] \tag{10}$$

La ecuación del modelo CIR en versión discreta puede escribirse como sigue:

$$y_{t+1} = \beta_1 y_t^{-1} + \beta_2 y_t + \varepsilon_t \tag{11}$$

Donde $y_t = 2\sqrt{r_t}$, $\beta_1 = 2ab - (\sigma a^2 / 2)$, $\beta_2 = 1 - (a/2)$ y $\varepsilon_t \approx N(0, \sigma^2)$. Si $\tilde{\beta}_1, \tilde{\beta}_2, \tilde{\sigma}^2$ son estimadores de mínimos cuadrados ordinarios, MCO, los cuales son de máxima verosimilitud entonces:

$$\tilde{a} = 2(1 - \tilde{\beta}_2) \tag{12}$$

y

$$\tilde{b} = \frac{2\tilde{\beta}_1 + \tilde{\sigma}^2}{4\tilde{a}} = \frac{2\tilde{\beta}_1 + \tilde{\sigma}^2}{8(1 - \tilde{\beta}_2)} \quad (13)$$

Los cuales son también estimadores de máxima verosimilitud.

BIBLIOGRAFÍA

- Abetti, A.P., 1989, Linking Technology and Business Strategy. The Presidents Association, Frank J. Fabozzi. Greenwich, Advances in Futures and Options Research, Vol. 4, CT: JAI Press.
- Aggarwal, R., 1991, Justifying Investments in Flexible Manufacturing Technology, *Managerial Finance*, 17(May) pp. 77 - 88.
- Alvarez L. and Stenbacka R., 2001, Adoption of uncertain multi-stage technology projects: a real options approach, *Journal of Mathematical Economics*, 35 pp. 71 - 97.
- Neslihan A., Birol A. and Yildirim O., 1997, THE INFLUENCE OF DECISION MAKERS FOR NEW TECHNOLOGY ACQUISITION, 21st International Conference on Computers and Industrial Engineering, vol 33, Nos 1 - 2, pp. 3 - 5.
- Anderson P. and Tushman M. L., 1991, Managing Trough Cycles of Technological Change, *Research Technology Management* May-June, pp. 26 - 31.
- Antonelli C., 1999, *The Microdynamics of Technological Change*, Rutledge Frontiers of Political Economy, New York.
- Antonelli C., 2003, The digital divide: understanding the economics of new information and communication technology in global economy, *Information economics and Policy*, 15 pp. 173 - 199.
- Archibugi D. and Coco A., 2004, A new Indicator of Technological Capabilities for Developer and Developing Countries (ArCo), *World development* Vol. 32, No. 4 pp. 629 - 654.
- Armendola M., Gaffard J. and Sarraceno F., 2005, Technical progress, accumulation and financial constraints: is the productivity paradox really a paradox?, *Structural Change and Economic Dynamics*, 16 pp. 243 - 261.
- Arrow K. J., 1962, The implications of learning by doing, *Review of Economics Implications*, 29, pp. 155 - 173.
- Ayres R., 1969, *Forecasting and Long Range Planning*, McGraw Hill Book Company 1th. Edition.
- Ayres R., 1998, Technological Progress: A Proposed Measure, *Technological Forecasting & Social Change* 59, pp. 213 - 233.
- Azari R. and Pick J., 2005, Technology and society: socioeconomic influences on technological sectors for United States counties, *International Journal of Information Management* 25, pp. 21 - 37.
- Baldwin, C. and R. Ruback, 1989, Inflation, Uncertainty and Investment, *Journal of Finance*, 41 (July), pp. 657 - 669.
- Baldwin, C. Y. and K. B. Clark, 1994, *Modularity-in-Design: An Analysis Based on the Theory of Real Options*, Unpublished manuscript, Harvard Business School.
- Baldwin, C. Y. and K. B. Clark., 1992, Capabilities and Capital Investment: New Perspectives on Capital Budgeting, *Journal of Applied Corporate Finance*, 5 (Summer), pp. 67 - 82.

- Baldwin, C. Y. and K. B., Clark, 1996, Design Rules: The Power of Modularity, Unpublished manuscript, Harvard Business School.
- Baldwin, C. Y., 1987, Competing for Capital in a Global Environment, *Midland Corporate Finance Journal*, i(Spring) pp. 43 - 64.
- Baldwin, C. Y., 1991, How Capital Budgeting Deters Innovation and What Companies Can Do About It, *Research Technology Management*, (November-December) pp. 39 - 45.
- Baldwin, C. Y., 1982, Optimal Sequential Investment When Capital is not Readily Reversible, *Journal of Finance*, 37(June) pp. 763 - 782.
- Baldwin, C. Y., 1989, Strategic Capital Budgeting: The Case of New Product Introductions, Unpublished manuscript, Harvard Business School.
- Bana e Costa C. and A. and Vansnick, J.C., 1999, The MACBETH approach: basic ideas, software, and an application, *Advances in Decision Analysis*, Edited by N. Meskens y M. Roubens. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 131 - 157.
- Bar-Ilan, A. and W. C. Strange, 1998, A Model of Sequential Investment, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 22: pp. 437 - 463.
- Batz F., Janssen W. and Peters K., 2003, Predicting technology adoption to improve research priority—setting, *Agricultural Economics*, 28 pp. 151 - 164.
- Bell, G., 1995, Volatile Exchange Rates and the Multinational Firm: Entry, Exit, and Capacity Options, in *Real Options in Capital Investment*, edited by L. Trigeorgis. New York: Praeger.
- Bello E. y Rangel Y., 22-11-2007, Gestión Financiera, <http://www.gestiopolis.com/finanzas-contaduria/operaciones-financieras-y-sus-riesgos.htm>
- Berger, P. G., Ofek E. and I. Swary, 1996, Investor Valuation of the Abandonment Option, *Journal of Financial Economics*, 42, pp. 257 - 287.
- Berk, J., Green R. and Naik V., 1998, Optimal Investment, Growth Options, and Security Returns, *Journal of Finance*, 54, 1153 - 1608.
- Bernanke, B. S., 1983, Irreversibility, Uncertainty, and Cyclical Investment, *Quarterly Journal of Economics*, 98(February) pp. 85 - 106.
- Bessen J., 2001, Technology Adoption Cost Productivity Growth: The Transition to Information Technology, *Review of Economic Dynamics*, 5 pp. 443 - 469.
- Black, F. and Scholes M., 1973, The Pricing of Options and Corporate Liabilities, *Journal of Political Economy*, 81 (3), pp. 637 - 654.
- Bonini C., 1977, Capital Investment under Uncertainty with Abandonment Options, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, (March): pp. 39 - 54

- Borchers J., 2005, Accepting uncertainty risk: Decision quality in managing wildfire, forest resource values, and new technology, *Forest Ecology and Management*, Issues 1 - 2, 211 pp. 36 - 46.
- Brans J.P., 1982, L'Ingénierie de la décision. Elaboration d'instruments d'Aide à la décision. La méthode PROMETHEE. Université LAVAL. Colloque d'Aide à la Décision, Québec, pp. 183 - 213.
- Brans J.P., Mareschal B, 1994, The PROMCALC and GAIA Decision Support Systems (DSS), *European Journal of Operational Research* 12/4, pp. 297 - 310.
- Brans J.P. and Mareschal B, 2005, Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys, *International Series in Operations Research & Management Science* Volume 78, 2005, pp. 163 - 186.
- Brealey R. and Myers S., 1991, *Principles of Corporate Finance*, 4th Ed., New York, McGraw-Hill.
- Brennan M. J. and E. S. Schwartz, 1985a, A New Approach to Evaluating Natural Resource Investments, *Midland Corporate Finance Journal*, 3(Spring): 37 - 47.
- Brennan M. J. and E. S. Schwartz 1985b, Evaluating Natural Resource Investments, *Journal of Business*, 58 (April): pp. 135 - 158.
- Brennan M. J. and E. S. Schwartz, 1978, Finite Difference Methods and Jump Processes Arising in the Pricing of Contingent Claims: A Synthesis, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 13(September): pp. 461 - 474.
- Buckley A., 1998, *International Investment-Value Creation and Appraisal*, Copenhagen, Denmark: Handelshøjskolens Forlag.
- Buckley A. and Tse K., 1996, Real Operating Options and Foreign Direct Investment: A Synthetic Approach, *European Management Journal*, 14(June): pp. 304 - 314.
- Buehler K, Freeman A., and Hulme R., 2008, The New Arsenal of Risk Management, *Harvard Business Review*, September, Volume 86, Number 9, pp. 93 - 100.
- Burgerlman R., Christensen C. and Wheelwright, S. 2004, *Strategic Management of Technology and Innovation*, McGraw Hill, New York.
- Burgerlman, R. and Kosnik T. J. and Van den Poel M., 1998, Toward an Innovative Capabilities Audit Framework, *Strategic Management of Technology and Innovation*, Richard D. Irwin Inc., Illinois.
- Canton E., Groot H. and Hahuis R., 2002, Vested interests, population ageing technology adoption, *European Journal of Political Economy*, vol. 18 pp. 631 - 652.
- Capel J., 1997, A Real Options Approach to Economic Exposure Management, *Journal of International Financial Management & Accounting*, 8(2): pp. 87 - 113.
- Capozza D. and Y. Li., 1994, The Intensity and Timing of Investment: The Case of Land, *American Economic Review*, (September): pp. 889 - 904.
- Capozza, D. R. and G. A. Sick G. A., 1994, The Risk Structure of Land Markets, *Journal of Urban Economics*, 35: pp. 297 - 319.

- Capozza, D. R. and G. A. Sick, 1991, Valuing Long-Term Leases: The Option to Rede-velop, *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 4: pp. 209 - 223.
- Chambers C., 2004, Technological advancement, learning, and the adoption of technology, *European Journal of Operational Research*, 152 pp. 226 - 247.
- Chander P. and Tangavelu S., 2004, Technology adoption, education and immigration policy, *Journal of Development Economics*, 75 pp. 79 - 94.
- Chase Richard B., Jacobs F. Robert and Aquilano Nicholas J., 2004, *Operations Management for Competitive Advantage*, McGraw Hill, New York.
- Chatterjee S., Wiseman R., Fiegenbaum A., y Devers C., 2003, Integrating behavioral and economic concepts of risk into strategic management: The Taiwan Shall meet, *Long Range Planning*, 36 pp. 61 - 79.
- Cheevaprawatdomrong T. and Smith R., 2003, A paradox in equipment replacement under technological improvement, *Operations Research Letters*, 31 pp 77 - 82.
- Childs, P. D., S. H. Ott, and A. J. Triantis, 1995, Optimal Investment Policy for Multiple Mutually Exclusive Projects Using an Options Framework, Unpublished manuscript, University of Kentucky, Carol Martin Gatton College of Business and Economics.
- Childs, P. D., T. J. Riddiough, and A. J. Triantis, 1996, Mixed Uses and the Redevelopment Option, *Real Estate Economics*, 24(3): pp. 317 - 339.
- Chung, K. H., 1990, Inventory Decisions under Demand Uncertainty: A Contingent Claims Approach, *Financial Review*, November: pp. 623 - 640.
- Chung, K. H. and C. Charoenwong, 1991, Investment Options, Assets in Place, and the Risk of Stocks, *Financial Management*, 20(Autumn): pp. 21 - 33.
- Coff W. and Laverty K., 2001, Real Options on Knowledge Assets: Panacea or Pandora's Box?, *Business Horizons*, November – December.
- Cox, J., Ingersoll, J. and Ross S., 1985, A theory of the term structure of interest rates, *Econometrica*, 53(2) pp. 385 - 407.
- D'Acosta A., 1998, Coping whit Technology Divergence Policies and Strategies for India's Industrial Development, *Technological Forecasting and Social Change* 58, pp. 271 - 283.
- David P., 1994, Percolation structures, Markov random fields and the economics of EDI standards diffusion, in Pogorel G ed., *Global Telecommunications Strategies and Technological Changes*, Amsterdam, Elsevier.
- Devezas T., 2005, Evolutionary theory technological change: State of art and new approaches, *Technological Forecasting & Social Change* 72, pp. 1137 - 1152.
- Dixit A. K., Pindick R. S., 1994, *Investment under Uncertainty*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1994.

- Dixit, A. K. 1989a, Hysteresis, Import Penetration, and Exchange Rate Pass Through, *Quarterly Journal of Economics*, 104 (May): pp. 205 - 228.
- Dixit, A. K. 1989b, Entry and Exit Decisions under Uncertainty, *Journal of Political Economics*, 97(June): pp. 620 - 638.
- Doraszelski U., 2001, The Net Present Value method versus the option value of waiting: a note on Farzin, Huisman and Kort (1998), *Journal of Economic Dynamics & Control*, 25 pp. 1109 - 1115.
- Doraszelski U., 2004, Innovations, improvements, and the optimal adoption of new technologies, *Journal of Economic Dynamics & Control*, 28 pp. 1461 - 1480.
- Douthwaite B., Keatinge J. and Park J., 2002, Learning selection: an evolutionary model for understanding, implementing and evaluating participatory technology development, *Agricultural Systems*, 72 pp. 109 - 131.
- Dosi G, 1988, Sources Procedures and Microeconomics effects of innovation, *Journal Econ. Lit* XXXIII, September, pp. 1120 - 1171.
- Drezner Z, 1978, Computation of the Bivariate Normal Integral, *Mathematics of Computation*, Jan., Vol. 32, No. 141, pp. 277 - 279.
- du Prezz G. and Pistorius C., 1999, Technological Threat and Opportunity Assessment, *Technological Forecasting & Social Change*: pp. 61, 215 - 234.
- Duku-Kaakyire, Nanang D., 2004, Applications of real options theory investment analysis, *Forest Policy and Economics*, 6 pp. 539 - 552.
- Edleson, M. E. and F. L. Reinhardt F. L., 1995, Investment in Pollution Compliance Options: The Case of Georgia Power, pp. 243 - 263, *Real Options in Capital Investment*, edited by L. Trigeorgis. New York: Praeger.
- Ekboir J., 2003, Research and Technology policies in innovation systems: zero tillage in Brazil, *Research Policy*, 32 pp. 573 - 568.
- Epstein, G. S., 1996, The Extraction of Natural Resources from Two Sites under Uncertainty, *Economic Letters*, 51: pp. 309 - 313.
- Epstein, D., N. Mayor, P. Schonbucher, A. E. Whalley, and P. Wilmott, 1998, The Valuation of a Firm Advertising Optimally, *Quarterly Review of Economics and Finance*, 38(2): pp. 149 - 166.
- Escobar, C., 2002, Análisis estratégicos: teoría de decisiones, métodos multicriterio y técnicas de prospectiva, e-libro.net.
- Escobar, C., 2006, El Proceso de Innovación de la Industria de Proceso: Análisis y Proposiciones, Apuntes, Facultad de Química, UNAM.
- Fahey L. and Randall R., 1998, Learning From the Future: Competitive Foresight Scenarios, Published by John Wiley & Sons Ltd., US.

- Farzin, Y., Huisman K., and Kort P., 1998, Optimal Timing of Technology Adoption, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 22: pp. 779 - 799.
- Faulkner, T. W., 1996, Applying 'Options Thinking to R&D Valuation, *Research/Technology Management*, (May-June): pp. 50 - 56.
- Fernández G., 2002, Los Métodos Promethee: Una Metodología de Ayuda a la Toma de Decisiones Multicriterio Discreta, Núm. 1 - Primer Semestre.
- Fitzsimmons J. and Fitzsimmons M., 2004, *Service Management: Operations, Strategy and Information Technology*, McGraw Hill, New York.
- Foster R., 1986, *Innovation: The Attacker Advantage*, Submit Books, New York.
- Franson P., 1998, *High Tech High Hope*, John Wiley Inc., New York.
- Fuentes-Zenón A., 2002, *La Planeación en Imágenes: Las Armas del Estratega*, Impresos e Informática Bernal, Edo. Mex.
- Furman J., Porter M. and Stern S., 2002, The determinants of national innovative capacity, *Research Policy*, 31 pp. 899 - 933.
- Garayannis E., 2000, *The Strategic Management of Technological Learning*, CRC Press, Florida.
- García L. y Meneses L., 2000, Decisiones multicriterio: un enfoque alternativo al método MACBETH, *Anales de Economía Aplicada*. XIV Reunión ASEPELT España. Oviedo, 22 y 23 de Junio de 2000.
- George J., and Jones G., 2006, *Contemporary Management: Creating Value in Organizations*, McGraw Hill, New York.
- Gerosky P. 1995, Markets for technology: Knowledge innovation and appropriability, in Stoneman, *Handbook of the Economics Innovations and Technological Change*, Oxford.
- Gilbert, R. J. 1989, Mobility Barriers and the Value of Incumbency, *Handbook of Industrial Organization*, Vol. 1, edited by Schmalensee R. and Willig R. New York: North Holland.
- Gilberto, S. M. and D. C. Ling, 1989, Valuing Mortgages with Built-In Refinancing Options: A Contingent Claims Analysis, *Housing Finance Review*, 8(Fall): pp. 243 - 253.
- Gompers, P. A., 1995, Optimal Investment, Monitoring, and the Staging of Venture Capital, *Journal of Finance*, 50 (December): pp. 1461 - 1489.
- Godet M., Monti R., Meunier F., Roubelat F., 2000, *La Caja de Herramientas de la Prospectiva Estratégica*, Gerpa, 4ª Edición.
- Godet M., 2006, *Creating Futures. Scenario Planning as a Strategic Management Tool*, Economica Ltd., France.
- Gopalakrishnan S. and Brierly P., 2001, Analyzing innovation adoption using a knowledge-based approach, *Journal of Engineering and Technology Management*, Volume 18, Issue 2, June, pp. 107 - 130.

- Greiner A., Rubart J. and Semmler W., 2004, Economic growth, skill-biased technical change inequality: a Model and estimations for the US and Europe, *Journal of MACROECONOMICS*, 26, pp. 597 - 621.
- Grenadier, S. R., 1995, Valuing Lease Contracts: A Real-Options Approach, *Journal of Financial Economics*, 38(July): pp. 297 - 331.
- Grenadier, S. R., 1996, The Strategic Exercise of Options: Development Cascades and Overbuilding in Real Estate Markets, *Journal of Finance*, 51(December): pp. 1653 - 1679.
- Grinyer, J. R. and N. I. Daing, 1993, The Use of Abandonment Values in Capital Budgeting-A Research Note, *Management Accounting Research*, 4(March): pp. 49 - 62.
- Hamilton W. F., 1990, The Dynamics of Technology Strategy, *European Journal of Operational Research* 47, pp. 141 - 152.
- Hathaway, N., 1990, Partial Takeovers as Put Options, *Accounting as Finance*, (May): pp. 27 - 38.
- He, H. and R. S. Pindyck., 1992, Investments in Flexible Production Capacity, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 16 (July-October): pp. 575 - 599.
- Herrera A., Corona L., Dagnino R., Furtado A., Gallopín G., Gutman P. y Vessuri H., 1994, Las Nuevas Tecnologías y El Futuro de La América Latina: riesgo y oportunidad, Siglo XXI Editores S.A. de C. V.
- Hiraki, T. 1995, Corporate Governance, Long - Term Investment Orientation, and Real Options in Japan, pp. 151 - 161 in *Real Options; in Capital Investment*, edited by L. Trigeorgis. New York: Praeger.
- Hodder, J. E. and H. E. Riggs., 1985, Pitfalls in Evaluating Risky Projects, *Harvard Business Review*, (January-February): pp. 128 - 135.
- Holt Richard W. P., 2003, Investment and dividends under irreversibility and financial constraints, *Journal of Economics Dynamics & Control*, 27 pp. 467 - 502.
- Hollenstein H., 2004, Determinants of the adoption of Information and communication Technologies (ICT). An empirical analysis based firm-level data for the Swiss business sector, *Structural Change and Economic Dynamics*, 15 pp. 315 - 342.
- Howard Jr. William G. and Guile Bruce R., *Profiting for Innovation*, The Free Press a Division Library of Congress Cataloging – in – Publication Data, New York, 1992.
- Howe, K. M. and G. M. McCabe, 1983, On Optimal Asset Abandonment and Replacement, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 18: pp. 295 - 305.
- Huggett M. and Ospina S., 2001, Does productivity growth fall after the adoption of new technology?, *Journal of Monetary Economics*, 48 pp. 173 - 195.
- Hultink E. and Atuahene—Gima Kwaku, 2000, The Effect of Sales Force Adoption on New product Selling Performance, *J PROD INNOV MANAG*, 17 pp. 435 - 450.

- Ikenberry, D. and T. Vermaelen., 1996, The Option to Repurchase Stock, *Financial Management*, 25: (Winter): pp. 9 - 24.
- Ingersoll, J. E. and S. A. Ross, 1992, Waiting to Invest: Investment and Uncertainty, *Journal of Business*, 65(January): pp. 1 - 29.
- Jacob W. and Kwak Y., 2003, In search of innovative techniques to evaluate pharmaceutical R&D projects, *Technovation*, 23 pp. 291 - 296.
- Jaffe A., Newell R. and Stavins R., 2005, A tale of two market failures: Technology and environmental policy, *Ecological Economics*, 54 pp. 164 - 174.
- Jones G., Lanctot A.Jr. and Tejen H., 2000, Determinants and Performance Impacts of External Technology Acquisition, *Journal of Business Venturing*, 16 pp. 255 - 283.
- Jorde T, and Teece D., 1990, Innovation and cooperation: implications for competition antitrust, *Journal of Economics Perspectives*, 4, pp. 75 - 96.
- Jørgensen S. and Zaccour G., 1999, Price subsidies and guaranteed buys of new technology, *European Journal of Operational Research*, 114 pp. 338 - 345.
- Kamrad B., 1995, A Lattice Claims Model for Capital Budgeting, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 42(May): pp. 140 - 149.
- Kamrad B. and Ernst R., 1995, Multiproduct Manufacturing with Stochastic Input Prices Yield Uncertainty, *Real Options in Capital Investment*, Edited L Trigeorgis, New York, Praeger.
- Kandel, E. and N. D. Pearson, 1995, The Value of Labor Force Flexibility, Unpublished manuscript, Rochester, NY: Bradley Policy Research Center.
- Kaplan, R. S., 1986. Must CIM Be Justified by Faith Alone?, *Harvard Business Review*, (March-April): pp. 87 - 95.
- Karp L. and Lee H., 2001, Learning-by-Doing and the Choice of Technology: The Role of Patience, *Journal of Economic Theory*, 100 pp. 73 - 92.
- Kayal Aymen, 1999, Measuring the Pace of Technological Progress: Implications for Technological Forecasting, *Technological Forecasting & Social Change* 60, pp. 237 - 245.
- Kemna, A. G. Z., 1993, Case Studies on Real Options, *Financial Management*, 22 (Autumn): pp. 259 - 270.
- Kensinger, J. W., 1980, Project Abandonment as a Put Option: Dealing with the Capital Investment Decision and Operating Risk Using Option Pricing Theory. Paper presented at the Financial Management Association annual meeting.
- Kensinger, J. W., 1987, Adding the Value of Active Management into the Capital Budgeting Equation, *Midland Corporate Finance Journal*, 5(Spring): pp. 31 - 42.
- Kensinger, J. W., 1988, Capital Investment Project as a Set of Exchange, *Managerial Finance*, 14(2): pp. 16 - 27.

- Kester, W. C., 1984, Today's Options for Tomorrow's Growth, Harvard Business Review, (March-April): pp. 153 - 160.
- Kester, W. C., 1986, An Options Approach to Corporate Finance, Chap. 5 Handbook of Corporate Finance, 2nd ed., edited by E. I. Altman. New York: John Wiley & Sons.
- Kester, W. C., 1993, Turning Growth Options into Real Assets, pp. 187 - 207 in Capital Budgeting Under Uncertainty, Edited by Raj Aggarwal. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Khan A. and Ravikumar B., 2002, Costly Technology Adoption and Capital Accumulation, Review of Economic Dynamics, 5 pp. 489 - 502.
- Kim J., 2001, Elite Strategies and the Spread Technological Innovations: The Spread of Iron in the Bronze Age Societies of Denmark and Southern Korea, Journal of Anthropological Archaeology, 20 pp. 442 - 478.
- Koc T., and Ceylan C., 2005, Factor Impacting the Innovative Capacity in Large Scale Companies, Technovation, 2005.10.02.
- Kogut, B., 1991, Joint Ventures and the Option to Expand and Acquire," Management Science, 37 (January): pp. 19 - 33.
- Kogut, B. and N. Kulatilaka., 1994, Operating Flexibility, Global Manufacturing, and the Option Value of a Multinational Network, Management Science, 40 (January): pp. 123 - 139.
- Kulatilaka, N., 1984, Financial, Economic and Strategic Issues Concerning the Decision to Invest in Advanced Automation, International Journal of Production Research, 22(6): pp. 949 - 968.
- Kulatilaka, N., 1988, Valuing the Flexibility of Flexible Manufacturing Systems, IEEE Transactions in Engineering Management, 35 (November): pp. 250 - 257.
- Kulatilaka, N. and A. J. Marcus., 1992, Project Valuation under Uncertainty: When Does DCF fail?, Journal of Applied Corporate Finance, 5 (Fall): pp. 92 - 100.
- Kulatilaka, N. and E. Perotti, 1992, Strategic Investment Timing Under Uncertainty, Unpublished manuscript, Boston University.
- Kulatilaka, N., 1993, The Value of Flexibility: The Case of a Dual (Fuel Industrial Steam Boiler, Financial Management, 22(Autumn): pp. 271 - 280.
- Kulatilaka, N. and L. Trigeorgis., 1994, The General Flexibility to Switch: Real Options Revisited, International Journal of Finance, 6 (Spring): pp. 778 - 798.
- Kulatilaka, N., 1995, The Value of Flexibility: A General Model of Real Options, pp. 89 – 107. in Real Options in Capital Investment, edited by L. Trigeorgis. New York: Praeger.
- Kumbaroglu G., Madlener R. and Demirel M., 2006, A real options evaluation model for the diffusion prospects of new renewable power generation Technologies, Energy Economics, doi:10.1016/j.eneco.2006.10.009.
- Lambe J. C. and Spekman R. E., 1997, Alliances, external Technology acquisition, and discontinuous technological change, Journal of Product Innovation Management 14, pp. 14 - 102.

- Lander D. and Pinches G., 1998, Challenges to the practical implementation of modeling and valuing real options, , *The Quarterly Review of Economics and Finance*, Vol. 38, Special Issue, pp. 537- 567.
- Larwood, L., Keith R., Popoff C. and Judson D, 1997, Aging, Retirement, and interest in technological retraining: Predicting personal investment and withdrawal, *The Journal of High Technology Management Research*, Volume 8, Number 2 pp. 277 - 300.
- Laughton, D., 1998, The Management of Flexibility in the Upstream Petroleum Business, *The Energy Journal*, 19 (1): pp 83 - 114.
- Lee, C. J., 1988, Capital Budgeting under Uncertainty: The Issue of Optimal Timing, *Journal of Business Finance and Accounting*, 11 (Summer): pp. 155 - 168.
- Lee, M. H., 1997, Valuing Finite (Maturity Investment-Timing Options), *Financial Management*, 26 (Summer): pp. 58 - 66.
- Lefley, F., 1996, Investments in AMT: Opportunities or Options?, *Management Accounting*, 74 (January).
- Leslie, K. J. and M. P. Michaels., 1997, The Real Power of Real Options, *McKinsey Quarterly* 3, pp. 4 - 22.
- Lin B. W., 2003, Technology Transfer as Technological learning: a Source of Competitive Advantage for firms with Limited R&D Resources, *R&D Management*, 33 – 3, 327 – 341.
- Li F. and Whalley J., 2002, Deconstruction of the telecommunications industry: from value chains to value networks, *Telecommunications Policy*, 26 pp. 415 - 472.
- Lindgren M. and Bandhold H., 2003, Scenario Planning: The Link between Future and Strategy, Edited by PALGRAVE MCMILLAN, New York.
- MacDougall S. and Pike R., 2003, Consider your options: Changes to strategic value during implementation of advanced manufacturing technology, *Omega*, *The International Journal of Management Science* 31, pp. 1 - 15.
- Macharis C., Brans J. and Bareschal B., 1998, The GDSS PROMETHEE procedure: a PROMETHEE-GAIA based procedure for group decision support, *Journal of Decision Systems*, 7, pp. 283 - 307.
- Magee, J., 1964, How to Use Decision Trees in Capital Investment, *Harvard Business Review*, (September-October): pp. 79 - 96.
- Mahajan, A., 1990, Pricing Expropriation Risk, *Financial Management*, (Winter): pp. 77 - 86.
- Majd, S. and Pindyck R. S., 1987, Time to Build, Option Value, and Investment Decisions, *Journal of Financial Economics*, 18 (March): pp. 7 - 27.
- Malerba F., 1992, Learning by firms and incremental technical change, *Economic Journal*, 102, pp. 845 - 859.
- Mallet A., 2007, Social acceptance of renewable energy innovations: The role of technology cooperation in urban Mexico, *Energy Policy* 35, pp. 2790 - 2798.

- Manion M. and Evan W.M., 2002, Technological Catastrophes: their causes and prevention, *Technology in Society* 24, pp. 207 – 224, 2002.
- Margrabe, W. 1978, The Value of an Option to Exchange One Asset for Another, *Journal of Finance*, 33 (March): pp. 177 - 186.
- Martino J. P., 1993, *Technological Forecasting for Decision Making*, McGrawn Hill Inc. 3a Ed.
- Marra M., Panell D. and Ghadim A., 2003, The economics of risk, uncertainty and learning in the adoption of new agricultural technologies: where are we on learning curve?, *Agricultural Systems*, 75, pp. 215 - 234.
- Mason, S. P. and Baldwin C., 1988, Evaluation of Government Subsidies to Large-Scale Energy Projects: A Contingent Claims Approach, pp. 169 - 181. *Advances in Futures and Options Research*, Vol. 3, edited by Frank J. Fabozzi. Greenwich, CT: JAI Press.
- Martensson A. and Valiente P., 2006, Understanding migration strategies by decoupling application roles and technology generations, *Technovations*, 26, pp. 351 - 358.
- Mateos-Planas X., 2004, Technology adoption with finite horizons, *Journal of Economics Dynamics & Control*, 28 pp. 2129 - 2154.
- Mauer, D. C. and Triantis A. J., 1994, Interactions of Corporate Financing and Investment Decisions: A Dynamic Framework, *Journal of Finance*, 49(September): pp. 1253 - 1277.
- Mauer, D. C. and Ott S. H., 1995, Investment under Uncertainty: The Case of Replacement Investment Decisions, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 30 (December): pp. 581 - 605.
- McCabe, G. M. and Sanderson G. N., 1984, Abandonment Value in Capital Budgeting: Another View, *Management Accounting*, 65 (January): pp. 32 - 36.
- McDade S., Oliva T. and Pirsch J., 2002, The organizational adoption of high-technology products “for use”, effects of size, preferences and radicalness of impact, *Industrial Marketing Management*, 31, pp. 441 - 456.
- McDonald, R. L. and Siegel, 1985, Investment and the Valuation of Firms When There is an Option to Shut Down, *International Economic Review*, 26(June): pp. 331 - 349.
- McDonald, R. L. and Siegel, 1986, The Value of Waiting to Invest, *Quarterly Journal of Economics*, 101 (November): pp. 707 - 727.
- McDonald, R. L., 1998, Real Options and Rules of Thumb in Capital Budgeting Forth-coming in *Innovation, Infrastructure, and Strategic Options*, edited by M. J. Brennan and L. Trigeorgis, London: Oxford University Press.
- McGahan, A. M., 1993, The Effect of Incomplete Information About Demand on Preemption, *International Journal of Industrial Organization*, 11 (September): pp. 327 - 346.
- McGrath, R. G., 1997, A Real Options Logic for Initiating Technology Positioning Investments, *Academy of Management Review*, 22 (October): pp. 974 - 996.

- Mettler M. and Baumgarthner T., 1998, LARGE-SCALE PARTICIPATORY CO-SHAPING OF TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS, *Futures*, Vol. 30, No. 6, pp. 535 - 554.
- Meyers P., Sivakumar K. and Nakata C., 1999, Implementation of Industrial Process Innovations: Factors, Effects, and Marketing Implications, *J PROD INNOV MANAG*, 16, pp. 295 - 311.
- Miklos T. y Tello M., 2007, Planeación prospectiva: Una estrategia para el diseño del futuro, Centro de Estudios Prospectivos de la Fundación Javier Barrios Sierra A.C., Editorial LIMUSA, Grupo Noriega Editores, México.
- Miller, K. and Waller H., 2003, Scenarios, Real Options, and Integrated Risk Management, *Long Range Planning* 36, pp. 93 - 107.
- Moenaert, R.K. & Souder, W.E, 1990, An Information Transfer Model for Integrating Marketing and R&D Personnel In New Product Development Projects, *J. Prod Innov Manag.*
- Morck, R., E. Schwartz, and D. Stangeland., 1989, The Valuation of Forestry Resources under Stochastic Prices and Inventories, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, December: pp. 473 - 487.
- Morris, P. A., E. O. Teisberg, and A. L. Kolbe., 1991, When Choosing R&D Projects, Go with Long Shots, *Research-Technology Management*, 34 (January-February): pp. 35 - 40.
- Mukherji N., Rajagopalam B. and Tanniru M., 2006, A decision model for optimal timing of investments in information technology upgrades, *Decision Support Systems*, 42, pp. 1684 - 1694.
- Mulder P., De Groot H., and Hofkes M., 2001, Economic growth and technological change: A comparison of insights from neo-classical and evolutionary perspective, *Technological Forecasting & Social Change* 68, pp. 151 - 157.
- Mun J., 2006, *Real Options Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions*, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.
- Munir Kamal A, and Philips N., 2002, The concept of industry and the case of radical technological change, *Journal of High Technology Management Research* 13, pp. 279 - 297.
- Myers, S. C., 1977, Determinants of Corporate Borrowing, *Journal of Financial Economics*, (November): pp. 147 - 176.
- Myers, S. C. and S. Majd, 1990, "Abandonment Value and Project Life, pp. 1 - 21 *Advances in Futures and Options Research*, Vol 4, JAI Press.
- Naylor-Scott C., 1999, Portfolio Selection of Innovative Technologies Via Life Cycle Cost Modeling, Air Force Inst. of Tech Wright-Patterson AFB OH, Storming Media, New York: Praeger.
- Nelson R. R., 1991, Capitalism as an engine progress, *Research Policy*, 19, pp. 193 - 214.
- Newel S., Swan J. and Robertson M., 1998, A cross-national comparison of the adoption of business process reengineering: fashion-setting networks?, *Journal of Strategic Information System*, 7, pp. 299 - 317.

- Newton, D. P. and A. W. Pearson, 1994, Application of Option Pricing Theory to R&D, *R&D Management*, 24: pp 83 - 89.
- Nightingale P., 2004, Technological Capabilities, invisible infrastructure and the un-social construction of predictability: the overlooked fixed cost, *Research Policy* 33, pp 1259 - 1284.
- Scott N. C., 1999, Portfolio Selection of Innovative Technologies Via Life Cycle Cost Modeling, Air Force Inst. of Tech Wright-Patterson AFB OH, Storming Media, New York: Praeger.
- Ogburn, W., 1937, Technological Trends and National Policy, Including the Social Implications of New Inventions, National Policy and Technology, in US National Resources Committee, Washington: USGPO: 3-14.
- Ott, S. H. and H. E. Thompson, 1996, Uncertain Outlays in Time-to-Build Problems, *Managerial and Decision Economics*, 17 (1): pp. 1 - 16.
- Otto R. E., 1998, Valuation of Internal Growth Opportunities: The Case of a Biotechnology Company, *The Quarterly Review of Economics and Finance*, Trustees of the University of Illinois Vol. 38 Special Issue pp. 615 - 633.
- Oyelaran-Oyeyika Banji and Lal Kaushalesh, 2006, Learning new technologies by small and medium enterprises in developing countries, *Technovation*, 26 pp. 220 - 231.
- Paddock, J., D. Siegel, and J. Smith., 1988, Option Valuation of Claims on Real Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases, *Quarterly Journal of Economics*, 103 (August): pp. 479 - 508.
- Pan H. and Köhler J., 2007 Technological change in energy systems: learning curves, logistics curves and input-output coefficients, *Ecological Economics*, doi:10.1016/j.2007.01.013.
- Panayi S. and Trigeorgis L., 1998, Multi-stage Real Options: The Cases of Information Technology Infrastructure and International Bank Expansion, *The Quarterly Review of Economics and Finance*, Trustees of the University of Illinois Vol. 38 Special Issue, pp. 675 - 692.
- Parayil, G., 1997, Practical Reflexivity as Heuristic for Theorizing Technological Change, *Technology in Society* 19, pp. 161 - 75.
- Partidario P. and J. Vergragt, 2002, Planning of strategic innovation aimed at environmental sustainability: actor-networks, scenario acceptance and backcasting analysis within polymeric coating chain, *Futures*, 34, pp. 841 - 861.
- Patterson K., Grimm C. and Corsi T., 2003, Adopting new technologies for supply chain management, *Transportation Research Part E* 39, pp. 95 - 21.
- Pei F. and Tilton J., 1999, Consumer preferences, technological change, and the short-run income elasticity of metal demand, *Resource Policy*, 25 pp. 87 - 97.
- Pennings E. and Lint O., 1997, The Option value of advanced R&D, *European Journal of Operational Research* 103 (November), pp. 83 - 94.
- Pickles, E. and J. L. Smith., 1993, Petroleum Property Valuation: A Binomial Lattice Implementation of Option Pricing Theory, *The Energy Journal*, 14 (2): pp. 1 - 26.

- Pinches G. and Lander D., 1997, The Use of NVP in Newly Industrialized and Developing Countries: a.k.a. "What Have We Ignored?", *Managerial Finance: Capital Budgeting*, 23 (9): pp. 24 - 45.
- Pinches G. E., 1998, Real Options: Developments and Applications, *The Quarterly Review of Economics and Finance*, Trustees of the University of Illinois Vol. 38 Special Issue, pp. 533 - 535.
- Pindyck, R. S., 1991, Irreversibility, Uncertainty, and Investment, *Journal of Economic Literature*, 26 (September): pp. 1110 - 1148.
- Pindyck, R. S., 1988, Irreversible Investment, Capacity Choice, and the Value of the Firm, *The American Economic Review*, 78 (December): pp. 969 - 985.
- Pires G. and Aisbett J., 2003, The relationship between technology adoption and strategy in business-to-business markets, The case of e-commerce, *Industrial Marketing Management*, Volume 32 Volume 4, pp. 291 - 300.
- Plouffe C., Vandenbosch M. and Hulland J., 2000, Intermediating Technologies and multi-group adoption: A comparison of consumer and Merchant adoption intentions toward a new electronic payment system, *The Journal Product Innovation Management*, 18, pp. 65 - 81.
- Porter M., 1985, *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*, Free Press, New York.
- Purvis, A., W. G. Boggess, C. B. Moss, and J. Holt., 1995, Technology Adoption Decisions under Irreversibility and Uncertainty: An Ex Ante Approach, *American Journal of Agricultural Economics*, 77 (August): pp. 541 - 551.
- Quigg, L., 1993, Empirical Testing of Real Option-Pricing Models, *Journal of Finance*, 48 (June): pp. 621 - 640.
- Quigg, L., 1995, Optimal Land Development, pp. 265 - 280, *Real Options in Capital Investment*, Edited by L. Trigeorgis. New York: Praeger.
- Rahman A. and Loulou R., 2001, Technology acquisitions with progress: effects of expectations, rivalry and uncertainty, *European Journal of Operational Research*, 129, pp. 159 - 185.
- Requate T. and Unold W., 2003, Environmental policy incentives to adopt advanced abatement technology: Will the true ranking please stand up?, *European Economic Review*, 47, pp. 125 - 146.
- Requate T., 2005, Dynamic incentives by environmental policy instruments – a survey, *Ecological Economics* 54, pp. 175 - 195.
- Ringland G., 2002, *Scenarios in Business*, John Wiley and Sons, Baffins Lane, Chichester, UK.
- Rosenberg N., 1990, Why do firms do research (with the own money)?, *Research Policy* 19, pp. 165 - 174.
- Ross, S. A., 1995, Uses, Abuses, and Alternatives to the Net-Present-Value Rule, *Financial Management*, Vol. 24, No. 3 BI (Autumn): pp. 96 - 102.
- Roussel, A. P., Saad N. K. and Erickson, J. T., 1991, *Third Generation R&D: Managing the Link to Corporate Strategy*, Harvard Business School Press. Boston Massachusetts.

- Sachdeva, K. and P. A. Vandenberg, 1993, Valuing the Abandonment Option in Capital Budgeting-An Option Pricing Approach, *Financial Practice and Education*, 3 (Fall): pp. 57 - 65.
- Sahal D., 1976, *Technological Substitution, Forecasting Techniques and Applications*, American Elsevier Publishing Company, Inc 1st. Ed.
- Sahlman, W. A., 1993, Aspects of Financial Contracting in Venture Capital, pp. 229 - 242, *The New Corporate Finance Where Theory Meets Practice*, Edited by D. H. Chew. New York: McGraw-Hill.
- Samaniego R., 2006, Industrial subsidies and technology adoption in general equilibrium, *Journal of Economic Dynamics & Control*, 30, pp. 1589 - 1614.
- Sánchez-Guerrero G, 2003, *Técnicas Participativas para la Planeación*, Fundación ICA A.C.
- Sansing, R. C., 1996, Foreign Investment Decisions in the Presence of Real Options, *Journal of the American Taxation Association*, 18 (February supplement).
- Schich, S. T., 1997, An Option Pricing Approach to the Costs of Export Credit Insurance, *Geneva Papers on Risk and Insurance Theory*, 22 (1).
- Schnabel, J. A., 1992, Uncertainty and Abandonment, *Engineering Economist*, 37 (Winter): pp. 172 - 177.
- Schumpeter, J. A., 1939, *Business Cycles*, Mac Graw Hill New York.
- Schwartz, E. S., 1997, The Stochastic Behavior of Commodity Prices: Implications for Valuation and Hedging, *Journal of Finance*, (July): pp. 923 - 973.
- Schwartz, E. S., 1998, Valuing Long-Term Commodity Assets, *Financial Management*, 27 (Spring): pp. 57 - 66.
- Sercu, P. and Uppal R., 1994, International Capital Budgeting using Option Pricing Theory, *Managerial Finance*, 20 (November): pp. 3 - 21.
- Sercu, P. and R. Uppal 1995. *International Financial Markets and the Firm*. Cincinnati, OH: South-Western College Publishing.
- Shehabuddeen N., Probert D. and Phaal R., 2006, From theory to practice: challenges in operationalising a technology selection framework, *Technovation*, 26, pp. 324 - 335.
- Sheriff K., Hoffman J. and Thomas B., 2006, Can technology build organizational social capital?, The case of a global IT consulting firm, *Information & Management* 43, pp. 795 - 804.
- Siegel, D. R., J. L. Smith, and J. L. Paddock, 1987, Valuing Offshore Oil Properties with Option Pricing Models, *Midland Corporate Finance Journal*, 5 (Spring): pp. 22 - 30.
- Sirmans, C. F., 1997, Research on Discounted Cash Flow Models, *Real Estate Finance*, 13 (Winter): pp. 93 - 95.
- Smit, H. T. J., 1997, Investment Analysis of Offshore Concessions in The Netherlands, *Financial Management*, 26 (Summer): pp. 5 - 17.

- Smit, H. T. J. and Ankum L. A., 1993, A Real Options and Game-Theoretic Approach to Corporate Investment Strategy under Competition, *Financial Management*, (Autumn): pp. 241 - 250.
- Smit, H. T. J. and L. Trigeorgis, 1995, Flexibility and Commitment in Strategic Investment. Unpublished manuscript, University of Cyprus.
- Smith, J. E. and K. F. McCardle, 1997, Options in the Real World: Lessons Learned in Evaluating Oil and Gas Investments. Unpublished manuscript, Duke University, Fuqua School of Business.
- Smith, J. E. and K. F. McCardle., 1998, Valuing Oil Properties: Integrating Option Pricing and Decision Analysis Approaches, *Operations Research*, 46 (March-April): pp. 198 - 217.
- Smith, K. W. and Triantis A., 1995. The Value of Options in Strategic Acquisitions, pp. 135 - 149 *Real Options in Capital Investment*, edited by L. Trigeorgis. New York: Praeger.
- Smith, K. W. and A. Triantis, 1994, Untapped Options for Creating Value in Acquisitions, Mergers & Acquisitions, 29 (November - December): pp. 17 - 30.
- Souitaris Vangelis, 2002, Technological trajectories as moderators of firm-level determinants of innovation, *Research Policy*, 31 pp. 877 - 898.
- Stelle Lowel W., 1975, *Innovation in Business*, American Elsevier Publishing Company Inc., New York.
- Stiglitz J. E., 1987, Learning to learn localized learning and technological progress, in Dasgupta, P. and Stoneman, P. (eds), *Economic Policy and Technological Performance*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Stock G., Greis N., Fisher W., 2002, Firm Size and Dynamic Technological Innovation, *Technovation* 22, pp. 537 - 549.
- Storto Corrado, 2005, A method based on patent analysis for the investigation of technological innovation strategies: The European medical prostheses industry, *Technovation* 2005.10.05.
- Stowe, J. D. and A. K. Gehr, Jr., 1991, A Finance-Theoretic Approach to the Basic Inventory Decisions, pp. 213 - 225 *Advances in Working Capital Management*, Vol. 2, edited by Yong H. Kim. Greenwich, CT: JAI Press.
- Stowe, J. D. and Su. T., 1997, A Contingent-Claims Approach to the Inventory-Stocking Decision, *Financial Management*, 26 (Winter): pp. 42 - 55.
- Stulz, R., 1982, Options on the Minimum or the Maximum of Two Risky Assets: Analysis Land Applications, *Journal of Financial Economics*, (July) :pp. 161 - 185.
- Stulz, R. and H. Johnson., 1985, An Analysis of Secured Debt, *Journal of Financial Economics*, 14 (December): pp. 501 - 522.
- Swartz P., 1996, *The Art of the Long View: Planning for the Future in an Uncertain World*, Edited by DOUBLEDAY, New York.

- Takalo T. and Kannianen V., 2000, Do patents show down technological progress? Real options in research, patenting, and market introduction, *International Journal of Industrial organization*, 18 pp. 1105 - 1127.
- Teisberg Associates and Applied Decision Analyses, Inc., 1990, *The Option Value of Utility Investments: Risk and Managerial Flexibility in Power Plant Construction*. Project Report (October), Electric Power Research Institute.
- Teisberg, E. O., 1994, An Option Valuation Analysis of Investment Choices by a Regulated Firm, *Management Science*, 40 (April): pp. 535 - 548.
- Teisberg, E. O., 1993, Capital Investment Strategies under Regulation, *RAND Journal of Economics*, 24 (Winter): pp. 591 - 604.
- Thomas L., 1999, Adoption order of new technologies in evolving markets, *Journal of Economic Behavior & Organization*, 38, pp. 453 - 482.
- Thushman, M.L. and Anderson, P., 1986, Technological discontinuities and organizational environments, *Administrative Science Quarterly*, 31(3): pp. 439 - 465.
- Titman, S. 1985. "Urban Land Prices under Uncertainty," *American Economic Review*, (June): 505-514.
- Tornanzky L. and Fleisher M., 1990, *The Process of Technological Innovation*, Lexington Books, New York.
- Tortola G., Funke B. and Case C.: *Microbiology an Introduction*, Addison Wesley Longman Inc. California, 1997.
- Tourhino, O., 1979, *The Option Value of Reserves of Natural Resources*, Unpublished manuscript, University of California at Berkeley.
- Triantis, A. J. and G. G. Triantis G. G., 1998, Timing Problems in Contract Breach Decisions, *Journal of Law and Economics*, 41 (April): pp. 163 - 207.
- Triantaphyllou E., 2000, *Multi criteria decision making methods: A comparative study*, Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, USA.
- Trigeorgis, L. and S. P. Mason, 1987, Valuing Managerial Flexibility, *Midland Corporate Finance Journal*, 5 (Spring): pp. 14 - 21.
- Trigeorgis, L., 1988, A Conceptual Options Framework for Capital Budgeting, pp. 145 – 167, *Advances in Futures and Options Research*, Vol. 3, Edited by Frank J. Fabozzi. Greenwich, CT: JAI Press.
- Trigeorgis, L., 1990, A Real-Options Application in Natural-Resource Investments, pp. 153 - 165, *Advances in Futures and Options Research*, Vol. 4, edited by Frank J. Fabozzi. Greenwich, CT: JAI Press.
- Trigeorgis, L., 1991a, Anticipated Competitive Entry and Early Preemptive Investment in Deferrable Projects, *Journal of Economics and Business* 43: pp. 143 - 156.
- Trigeorgis, L., 1991b, A Log - Transformed Binomial Numerical Analysis Method for Valuing Complex Multi-Option Investments, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 26 (September): pp. 309 - 326.

- Trigeorgis L., 1995, Prices and Output Yield Uncertainty, pp. 281 - 302, Real Options in Capital Investment, New York, Praeger.
- Trigeorgis, L., 1996, Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation, Cambridge, MA: MIT Press.
- Tse Edison, 2002, Grabber-holder dynamics and network effects in technology innovation, Journal of Economic Dynamics & Control, 26, pp. 1721 - 1738.
- Tufano, P., 1998, The Determinants of Stock Price Exposure: Financial Engineering and The Gold Mining Industry, Journal of Finance, 53 (June): pp. 1015 - 1052.
- Ugan A., Bright J. and Rogers A., 2003, When is technology the trouble?, Journal of Archaeological Science, 30, pp. 1315 - 1329.
- Utterback, J.M., 1994, Mastering the Dynamics of Innovation, Harvard Business School Press.
- Van der Heijden K., 2006, The art of Strategic Conversation, Edited by John Wiley & Sons Ltd., England.
- Venegas Martínez F., 2006, Riesgos financieros y económicos: Productos derivados y decisiones económicas bajo incertidumbre, Internacional Thomson Editores, Tomson Learning, México.
- Venkatesh V., Morris M., Ackerman P., 2000, A Longitudinal Field Investigation of gender differences in individual Technology Adoption Decision-Making Processes, Organizational Behaviour and Human Decision Processes, vol. 83, No. 1, September: pp. 33 - 60.
- Verbeeten F., 2006, Do organizations adopt sophisticated capital budgeting practices to deal with uncertainty in the investment decision? A research note, Management Accounting Research 17, pp. 106 - 120.
- Vila, A. F. and Schary M. A., 1995, Default Risk in the Contingent Claims Model of Debt, pp. 303 - 321 in Real Options in Capital Investment, Edited by L. Trigeorgis.
- Vishwasrao S. and Bosshardt W., 2001, Foreign ownership and technology adoption: evidence from Indians firms, Journal of Development Economics, Journal of Development Economics, vol. 65, pp. 367 - 387.
- Vasicek O., 1977, An Equilibrium Characterization of the Term Structure, Journal of Financial Economics 5, pp. 177 - 188.
- Vergara J., Fontalvo T. y Maza F., 2010, La planeación por escenarios: Revisión de conceptos y propuestas metodológicas, Prospectiva, Vol. 10, No. 2, Julio–Diciembre, pp. 37 - 42
- Von Braun and Friedrich Christoph, 1991, The Acceleration Trap in The Real Word, Sloan Management Review, pp. 43 - 52, Summer.
- Von-Hipel E., 1988, The sources of innovation, Oxford, Oxford University Press.
- Wang Tang, 2000, Equilibrium with new investment opportunities, Journal of Economics Dynamics & Control 25, pp. 1751 - 1773.

- Wiebe, K., A. Tegene, and B. Kuhn, 1997, Managing Public and Private Land Through Partial Interests, *Contemporary Economic Policy*, 15 (April): pp. 35 - 43.
- Williams, J., 1991, Real Estate Development as an Option, *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 4 (June): pp. 191 - 208.
- Williams, J. T., 1993, Equilibrium and Options on Real Assets, *The Review of Financial Studies*, 6 (4): pp. 825 - 850.
- Williams, J. T., 1996, Redevelopment of Real Assets, Unpublished manuscript, University of British Columbia.
- Willner, R., 1995, Valuing Start-Up Venture Growth Options, pp. 221 – 239 *Real Options in Capital Investment*, Edited by L. Trigeorgis. New York: Praeger.
- Witt U., 1997, “Lock-in” vs. “critical masses” – industrial change under network externalities, *International Journal of Industrial Organization*, 15 99, pp. 753 - 773.
- Yang J. and Liu Ch., 2006, New product development: An innovation diffusion perspective, *Journal of High technology Management Research*, 17, pp. 17 - 26.
- Ziamou P., 2002, Commercializing new Technologies: consumer’s response to a new interface, *The Journal of Product Innovation Management*, 19, pp. 365 - 374.



MISIÓN

La formación de profesionales competentes, innovadores, emprendedores y éticos, mediante la aplicación de un proceso académico de calidad que les permita desarrollarse en un mundo globalizado.

VISIÓN

Ser la mejor Universidad salvadoreña, reconocida regionalmente, que se caracteriza por la calidad de sus graduados, de su investigación y su responsabilidad social.

IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS:

VALUACIÓN, VARIABLES, RIESGOS Y ESCENARIOS TECNOLÓGICOS