UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ

Valoración de las Capacidades y Competencias Tecnológicas: Consideraciones para su Aplicación en el Aparato Productivo Colombiano

Andrés Dario Cristancho Amaya

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial
Maestría en Ingeniería Industrial
Bogotá D.C., Colombia
2011

Valoración de las Capacidades y Competencias Tecnológicas: Consideraciones para su Aplicación en el Aparato Productivo Colombiano

Andrés Dario Cristancho Amaya
Código: 822033

Tesis presentada como requisito para optar al titulo de:
Magister en Ingeniería Industrial

Director:
Ph.D. Oscar Fernando Castellanos Domínguez

Línea de investigación:
Gestión de la Innovación

Grupo de Investigación y Desarrollo en Gestión, Productividad y competitividad BIOGESTIÓN

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial
Maestría en Ingeniería Industrial
Bogotá D.C., Colombia
2011

DEDICACIÓN

Dedicado a Johan, Alejandro y Martha mi familia, en la cual quiero mantener las semillas de aprendizaje continuo recibidos de mis padres.

Agradecimientos

Al Grupo De Investigación Biogestión, y en especial al Ingeniero Oscar Fernando Castellanos quien dirigió dinámicamente el desarrollo de esta tesis y mantuvo el rumbo en el arduo camino.

A la Dra. Carmen Amelia de los Reyes que desde su visión innovadora de la vida permitió la aplicación en la organización coordinada por ella de los elementos planteados en esta tesis.

Resumen

La valoración de las capacidades y competencias tecnológicas (CCT) es una herramienta usada frecuentemente por sociedades en proceso de industrialización, ofrece variables de gestión apropiadas para impulsar el desarrollo tecnológico. Sin embargo, su aplicación requiere adaptación, que incluye la definición de las competencias tecnológicas más apropiadas para las condiciones de desarrollo en cada región, hasta el establecimiento de requisitos para capacidades complejas. En este marco se realizó la presente tesis, que inicia con la identificación de las brechas en la definición nacional, regional y mundial de las CCT; continua con la evolución en las herramientas de valoración de las CCT, complementado con un análisis descriptivo de las herramientas y metodologías de aplicación de los modelos de valoración de CCT; con lo cual se desarrolla una propuesta de aplicación en un estudio de caso, para generar reflexiones respecto a las condiciones requeridas para su aplicación en el marco del aparato productivo local.

Entre los resultados se destacan los siguientes: la dinámica de evolución en las herramientas de valoración de CCT plantea adaptaciones de esta a los requerimientos en cada sector económico y sobre las particularidades tecnológicas regionales; adicionalmente se requiere reflexión por parte de expertos en el manejo tecnológico para poder consolidar instrumentos que sean aceptados y generen valor en la comunidad de investigadores, complementariamente se describen las características en la valoración de las CCT, los requerimientos para su aplicación y las oportunidades que ofrece su implementación en el aparato productivo local, para la promoción del desarrollo tecnológico.

Palabras claves: Capacidades tecnológicas, competencias tecnológicas, aprendizaje tecnológico, caso de estudio en valoración de capacidades tecnológicas.

Abstract

The assessment of the capabilities and technological competences (CCT) is a tool often used by companies in the process of industrialization, because it offers appropriate management variables to promote technological development. However, its application requires adaptation, which includes defining the most appropriate technological competences for the development conditions regional, to establishing the requirements in deep capabilities. In this framework, the present work, which begins with the identification of gaps in the national definition, regional and global CCT, continuing with the evolution of tools for assessing the CCT; complemented by a descriptive analysis of tools and methodologies for the application of valuation models CCT; from which develops a proposal for implementation in a case study to generate reflections on the conditions for its application in the context of local production.

The results are the following: the dynamics of development of assessment tools CCT presents adaptations of the tool to the needs of economic sectors and allows their particular technology, further require thought by experts in technology management to build instruments that are accepted and generate value for the research community, for other side thus describes the characteristics of the evaluation of the CCT, the requirements for application and implementation opportunities in the local production system for the promotion of technological development.

Keywords: Technological capabilities, technological competences, technological learning, case study in assessment of technological capabilities.

Contenido

Pág.

Resumen IX
Lista de Figuras XIII
Lista de tablas XIV
Introducción 1
1. Aproximación a los conceptos Capacidades y Competencias Tecnológicas 3
1.1 Capacidades y competencias 4
1.2 Competencias centrales 6
1.3 Marco de análisis de las competencias 9
1.4 Bases conceptuales de las capacidades y competencias tecnológicas 10
1.4.1 Avance mundial en la conceptualización de las capacidades tecnológicas 12
1.4.2 Aportes de Latinoamérica en los estudios de capacidades tecnológicas 14
1.4.3 Aportes en Colombia 19
1.5 Impacto de las capacidades y competencias tecnológicas en el desarrollo tecnológico 21
1.5.1 La visión del desarrollo desde la tecnología. 22
1.5.2 La tecnología y su impacto en el desarrollo 23
1.5.3 El papel de la gestión tecnológica para promover las competencias y capacidades 25
1.5.4 Aprendizaje y Capacidades tecnológicas 26
1.5.5 Consolidación de las capacidades tecnológicas 29
1.6 Retos respecto a las capacidades tecnológicas en Colombia 32
2 Evolución de los elementos de Valoración de capacidades tecnológicas. 33
2.1 Diversos enfoques para consolidar un marco de medición de la tecnología 34
2.2 Especialización de criterios para la transferencia de tecnología. 36
2.3 Propuestas desde latinoamerica 38
2.3.1 Estructura ajustada de la evolución de las capacidades tecnológicas 38
2.3.2 Caracterización de factores claves en la construcción de capacidades tecnológicas 40
2.4 Identificación de factores en el desarrollo nacional de capacidades tecnológicas 44
2.5 Tendencias en la valoración de capacidades tecnológicas 45

3 Componentes usados en la valoración de las capacidades tecnológicas 47
3.1 Matriz de valoración de capacidades y competencias tecnológicas 49
3.2 Índice de capacidades tecnológicas 52
3.3 Trayectoria de acumulación de competencias tecnológicas 54
3.4 Evaluación de los procesos de aprendizaje en economías emergentes 55
3.5 Reflexiones finales acerca de las herramientas descritas 56
4 Propuesta de valoración de capacidades tecnológicas 57
4.1 Metodología de valoración de capacidades y competencias tecnológicas en la radiofarmacia 58
4.1.1 Delimitar el sector de estudio 59
4.1.2 Valoración tecnológica en el INC a los radiofármacos producidos en reactor. 62
4.1.3 Valoración tecnológica del manejo de radiofármacos producidos en ciclotrón 64
4.1.4 Características de la matriz de valoración de capacidades tecnológicas. 66
4.1.5 Valoración de las capacidades tecnológicas logradas por la organización 68
4.2 Niveles alcanzados en el manejo de radiofármacos 69
4.2.1 Análisis de la valoración de capacidades tecnológicas 72
4.3 Perspectiva general de apropiación tecnológica en el INC. 75
5 Conclusiones 77
5.1 Requerimientos para la Construcción de herramientas 78
5.2 Requerimientos locales para la promoción de herramientas de valoración de capacidades y competencias tecnológicas 79
A. Anexo: Tendencias de Valoración de capacidades tecnológicas. 81
Referencias 109

Lista de Figuras

Figura 1-1. Gestión de competencias 7
Figura 1-2. Espectro de las capacidades tecnológicas 15
Figura 1-3. Origen de la empresa MAPPEC y acumulación de capacidades tecnológicas. 17
Figura 1-4. Componentes de las capacidades tecnológicas 28
Figura 2-1. Trayectoria de acumulación de capacidades tecnológicas 42
Figura 2-2. Ruta de acumulación de capacidades tecnológicas 43
Figura 3-1. Esquema de la trayectoria de acumulación de competencias tecnológicas en empresas de economías emergentes 54
Figura A-1. Índice de Acumulación de Capacidades Tecnológicas por Función Técnica de la empresa Thomson-Multimedia de Ciudad Juárez 95
Figura A-2 Modelos OEM-ODM-OBM versus Modelo Maquilador Mexicano 96
Figura A-3 Trayectoria de acumulación de capacidades tecnológicas en empresas de economías emergentes 101
Figura A-4 Trayectoria de acumulación de capacidades tecnológicas en empresas las funciones "procesos y organización de producción" y "desarrollo de producto". 101
Figura A-5. Estructura analítica de la investigación de Figueiredo 2002 107

Lista de tablas

Tabla 1-1. Estructuras de análisis de las Capacidades tecnológicas 13
Tabla 1-2. Estructura de la matriz de capacidades tecnológicas en economías emergentes 18
Tabla 1-3. Categorías de empresa según el tipo de tecnología 30
Tabla 2-1. Tipos de capacidades tecnológicas Amsden 2001 36
Tabla 2-2. Esquema de análisis de capacidades tecnológicas propuesto por Bell y Pavitt (1995) 38
Tabla 2-3. Esquema de la matriz de capacidades tecnológicas desarrollada para la industria maquiladora de exportación 39
Tabla 2-4. Esquema general de la matriz de capacidades tecnológicas en empresas de economías emergentes 41
Tabla 2-5. Esquema de la matriz de valoración de procesos de aprendizaje en empresas de economías emergentes 43
Tabla 3-1. Componentes globales de la matriz de capacidades tecnológicas 49
Tabla 3-2. Componentes globales de la matriz de valoración de capacidades tecnológicas aplicada al sector maquilador exportador 51
Tabla 3-3. Componentes globales de la matriz de valoración de capacidades tecnológicas aplicada al sector empresarial en Brasil 51
Tabla 3-4. Índice de capacidades tecnológicas aplicada al sector maquilador exportador 53
Tabla 3-5. Representación del índice de capacidades tecnológicas alcanzado por una organización 53
Tabla 3-6. Componentes globales de la propuesta de evaluación de los procesos de aprendizaje en empresas de economías emergentes 55
Tabla 4-1. Categoría de empresa según el tipo tecnología aplicable a la radiofarmacia del INC, radiofármacos producidos en reactores 63
Tabla 4-2. Categoría de empresa según el tipo de tecnología aplicable a la radiofarmacia del INC, radiofármacos producidos en reactor 65
Tabla 4-3. Matriz de capacidades tecnológicas aplicable a la radiofarmacia en el INC. 67
Tabla 4-4. Niveles de capacidades tecnológicas alcanzados por la radiofarmacia del INC. 69
Tabla 4-5. Resumen del nivel de capacidades tecnológicas alcanzados por la radiofarmacia del INC 73
Tabla 4-6. Actores que apropian las capacidades tecnológicas alcanzadas por la radiofarmacia del INC 74
Tabla A-1. Diferenciación de capacidades tecnológicas Hayami y Ruttan 82
Tabla A-2. Tipos de capacidades tecnológicas. 84
Tabla A-3. Funciones tecnológicas y niveles de las mismas. 85
Tabla A-4. Funciones tecnológicas y Grados de complejidad de las mismas. 86
Tabla A-5. Capacidades tecnológicas Bell y Pavitt (1995) 87
Tabla A-6. Matriz de capacidades tecnológicas aplicada a la industria maquiladora de exportación 90
Tabla A-7. Índice de capacidades tecnológicas aplicada a la industria maquiladora de exportación 91
Tabla A-8. Índice de capacidades tecnológicas alcanzado en el periodo 1969-1980 94
Tabla A-9. Índice de capacidades tecnológicas alcanzado en el periodo 1981-1992 94
Tabla A-10. Índice de capacidades tecnológicas alcanzado en el periodo 1993-2002 94
Tabla A-11. Capacidades tecnológicas en empresas de economías emergentes, un modelo descriptivo 97
Tabla A-12. Velocidad de acumulación de competencias tecnológicas en la Organización Kwarner Pulping De Brasil. 102
Tabla A-13. Criterios de aprobación de los procesos de aprendizaje 104
Tabla A-14. Procesos de aprendizaje en empresas de economías emergentes. 105

Introducción

La gestión empresarial incluye la capacidad de usar los recursos disponibles, entre los cuales resalta por su relevante impacto la tecnología, que puede ser el camino para brindar a la sociedad productos con el mayor valor agregado disponible, o por el contrario configurar una restricción para ofrecer bienes y servicios sofisticados.

El uso de la tecnología esta enmarcado en el avance científico logrado y la apropiación social a través de las técnicas aplicadas, sin embargo las condiciones de desarrollo configuran diferenciales de acceso y apropiación. Las características de esta apropiación de tecnología se analizan en el estudio de las capacidades tecnológicas y han servido como una herramienta de gerencia de la tecnología que ha promovido el desarrollado en países como los asiáticos.

Los estudios en capacidades tecnológicas plantean estructurar modelos de valoración de las mismas que permitan evidenciar la mejora en estas capacidades, sin embargo esta valoración de capacidades tecnológicas presenta particularidades en cada región vinculadas a los diferenciales de desarrollo; es por ello que se encuentra relevante identificar las herramientas aplicables para valorar las capacidades tecnológicas en la región, para así, enfocar la aplicación de la herramienta en el contexto nacional en estudio de caso.

Las empresas colombianas requieren ser muy efectivas en la ejecución de los recursos disponibles, pues son escasos o tienen problemas de asignación a las necesidades de su entorno; como tal la tecnología es un recurso regido por similares tendencias, pero con una complejidad que incluye situaciones de intangibilidad o heterogeneidad que hacen poco aplicable una sola herramienta de gestión. En este campo se consolidan herramientas de valoración de capacidades tecnológicas adecuadas a las características particulares de diversas regiones geográficas, entre las cuales encontramos algunas caracterizaciones particularizadas para organizaciones en la región latinoamericana, sin embargo para el entorno nacional no se ha explorado adecuadamente la temática para consolidar ejercicios de aplicación.

La propuesta de valoración de las capacidades y competencias tecnológicas propone una herramienta que determina las posibilidades de hacer uso efectivo en la organización del recurso tecnológico, para satisfacer las necesidades de la sociedad y mantener vigencia competitiva en el entorno; partiendo de las particularidades implícitas en el concepto de capacidades y competencias

que limitarían la estandarización de la herramienta de valoración, sin embargo la aplicación de la herramienta de valoración requiere adaptación rigurosa en atención a sus limitaciones conceptuales y a los objetivos estratégicos de cada proceso de aplicación.

A partir de lo anterior la tesis plantea definir las bases conceptuales y criterios de valoración de las capacidades y competencias tecnológicas, aplicables a organizaciones del sector manufacturero colombiano, con lo cual se puede promover la investigación que permita especializar la herramienta para algún entorno productivo nacional que requiera estructurar un crecimiento tecnológico. Abordando cuidadosamente los caminos de crecimiento organizacional y la importancia en ellos de la evolución de la dimensión tecnológica para poder articular a futuro las conductas tecnológicas que beneficien para mantenerse en un entorno cada vez más competitivo.

En el primer capítulo se desglosan los conceptos articuladores del discurso capacidades tecnológicas, a partir de allí se describen las variables que afectan su consolidación, su estructura de gestión para brindar ventaja a las organizaciones, concluyendo con la estructuración de los modelos de desempeño enfocados a la gestión de capacidades tecnológicas.

En el siguiente capítulo se presenta un análisis de la evolución de los modelos de valoración de las capacidades y competencias tecnológicas, sus tendencias, aplicaciones y casos de estudio, al igual que se identifican los enfoques de desarrollo más relevantes en el contexto latinoamericano y la brecha conceptual con el avance desarrollado en Colombia.

Para continuar en el tercer capítulo con la caracterización de las principales herramientas aplicadas para la valoración de capacidades tecnológicas, que incluye la identificación de sus componentes, los requerimientos para su uso y los resultados que ofrecen.

Posteriormente en el cuarto capítulo se construye una propuesta para la medición de las capacidades y competencias tecnológicas aplicada a una organización local, construida a partir de las características de las herramientas de valoración y sobre las particularidades de la organización objeto del estudio de caso, identificando tendencias y oportunidades de crecimiento tecnológico.

Finalmente se realizan aportes respecto a la pertinencia y utilidad de aplicación de las herramientas de valoración de capacidades y competencias tecnológicas en el contexto nacional, evidenciando el sentido de aplicación más adecuado y las limitaciones a partir de las experiencias abordadas, especialmente las latinoamericanas.

1. Aproximación a los conceptos Capacidades y Competencias Tecnológicas

La aplicación de los conceptos relacionados con capacidades surgen como componentes de gestión en la teoría basada en recursos (TBR) (Bogner & Thomas, 1994); (Cool & Schendel, 1988); sin embargo por ser un enfoque que promueve el cambio de paradigmas su apropiación esta sujeta a la aceptación por los actores, de igual manera la descripción de los componentes de las competencias y capacidades tecnológicas se sustentan en la aplicación para la gestión.

En el presente capítulo se describe la justificación del requerimiento de apropiación en el entorno nacional de las capacidades y competencias tecnológicas, para superar las restricciones respecto al manejo inadecuado de la tecnología en las organizaciones locales (Jaramillo, H.; Lugones, G.; Salazar, M., 2001). A partir de la estructuración del concepto **competencias centrales** (Tidd, 2000), para continuar con un abordaje general de los requerimientos para su gestión y categorización de los tipos de competencias; con lo cual se articula un enfoque global diferenciado de los modelos de gestión. Posteriormente se describen los lineamientos generales de la apropiación de las capacidades tecnológicas como un componente agregado de las competencias tecnológicas, que por su ambigüedad tienden a confundirse, y que complementariamente han presentado diferentes niveles y escenarios de análisis dados por la capacidad de las sociedades de gestionar su evolución tecnológica, que serán presentados respecto a la reflexión nacional, regional y mundial.

Por último se presenta cómo la gestión de capacidades y competencias tecnológicas en el sector empresarial impacta la generación de crecimiento económico en la medida que permiten establecer canales de mejora en el desempeño tecnológico para los actores sociales que sustenta la evolución tecnológica en el país.

1.1 Capacidades y competencias

La forma en que las organizaciones se desempeñan de manera superior a sus competidores se denomina ventaja competitiva, término acuñado desde la década de los ochenta, que evidencia como en la organización se fortifica su dimensión estratégica de costos, la diferenciación, las oportunidades de crecimiento y de mercado (Porter, 1987); adicionalmente el mantenimiento de dichas ventajas competitivas obedece a factores que se consolidan en la dinámica empresarial como son: la efectividad de las barreras a la imitación, la actuación de los competidores y el dinamismo industrial (Hill & Jones, 1995).

La necesidad de identificar los factores de gestión internos en la organización que desembocan en la consolidación de la ventaja competitiva ha llevado a consolidar los términos: recursos, competencias y capacidades, que son componentes de la teoría basada en recursos (TBR) , una herramienta en la gestión estratégica que pretende identificar los factores específicos en las organizaciones que consolidan las diferencias de desempeño (Bogner & Thomas, 1994); (Cool & Schendel, 1988); (Deutsch, Diedrichs, Raster, & Westphal, 1997); partiendo del supuesto que los recursos se distribuyen heterogéneamente entre las organizaciones.

La TBR sostiene que son los procesos de acumulación de recursos y de implementación que llevan a la construcción de idiosincrasia a los activos. (Collis & Montgomery, 1995); (Prahalad & Hamel, 1990); y proporcionar la fuente de ventaja competitiva sostenible a la organización (Teece, Pisano, & Shuen, 1997).

Las implicaciones de la TBR para la formulación y aplicación de estrategias incluye que la ventaja competitiva puede ser mantenida por la inversión en competencias idiosincrásicas de difícil imitación (Winter, 1987); sin embargo, esta inversión no se consolida como un bien para comprar en el mercado, por el contrario, esta ventaja es valiosa, difícil de encontrar, imperfectamente móvil, y con recursos no sustituibles ya controlados por alguna empresa (Barney, 1991).

Los componentes de la teoría basada en recursos incluye: recursos, competencias y capacidad; términos que por su cercanía se han confundido frecuentemente (Peppard & Ward, 2004), por lo tanto requieren una definición para el desarrollo de esta tesis:

1. Los Recursos son el conjunto de factores que son propiedad o controlados por la empresa (Amit & Schoemaker, 1993) tangibles o intangibles, para los cuales un ejemplo

significativo son los conocimientos y habilidades que residen en los empleados de la organización o de terceras partes proveedores.

2. La competencia es la habilidad de una empresa para desplegar los recursos, por lo general en combinación, usando procesos organizativos (Amit & Schoemaker, 1993) y por lo tanto representan "... un conjunto de habilidades y tecnologías más que una habilidad o tecnología específica" (Hamel & Prahalad, 1994, pág. 202). Representa el conocimiento colectivo usado para iniciar o responder a los cambios del entorno que se "construye en los procesos de la organización, procedimientos y sistemas, y que se incrusta en los modos de comportamiento, redes informales y relaciones personales" (Collis D. , 1996, págs. 149-150).

3. La capacidad se refiere a la aplicación estratégica de las competencias, es decir, su uso y despliegue para llevar a cabo objetivos estratégicos en la organización (Teece, Pisano, & Shuen, 1997). Dentro de este contexto, la definición y creación de la capacidad de organización deseada sería determinado por sus objetivos futuros, ya que debe establecer la necesidad de mejorar o fortalecer las competencias específicas. Del mismo modo, la actual capacidad de una organización, basada en sus actuales competencias, será o bien una fortaleza o un obstáculo en términos de los objetivos que se pueden lograr actualmente o en el corto plazo. La Capacidad es una construcción conceptual de nivel superior, que no requieren ser transparentes para el entorno pero presentan los marcos de actuación por medio de los cuales las competencias gestionarán de diferente manera los recursos en cada organización; "dependiendo del contexto de cada organización, incluyendo su historia, población y demás características estructurales. De hecho, la propia capacidad no puede ser reconocida directamente por entidades externas" (Peppard & Ward, 2004, pág. 175).

A partir de lo anterior se puede estructurar un orden jerárquico en cuanto a la complejidad y aplicación de los componentes de la TBR, partiendo en la base con los recursos; que son apropiados con la consolidación de la competencia y estas son útiles para construir la capacidad organizacional que es valorada en la medida de logro de los objetivos estratégicos.

1.2 Competencias centrales

Las competencias centrales surgen como una propuesta de categorizar las competencias en atención a su relevancia para el desempeño organizacional, ya que la organización que no se especializa enfrenta problemas de ineficacia por la asignación de recursos en áreas no coyunturales de su desempeño (Tidd, 2000). Esta propuesta surge en la década de los noventa cuando Prahalad y Hamel (1990)construyen el concepto de organización basada en las **competencias centrales** (core competencies), a través de lo cual se desarrolla el eje fundamental de gestión en la estrategia organizacional.

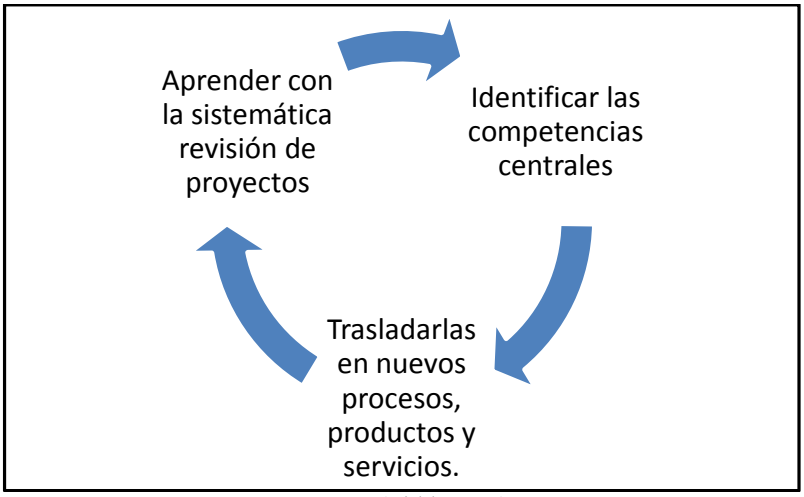
En el marco de la estrategia organizacional la ventaja competitiva de las organizaciones se sustenta en sus competencias centrales y no en sus productos, en su habilidad para consolidar la tecnología empresarial y las habilidades de producción en competencias que permitan adaptarse rápidamente a los cambios de oportunidades. Adicionalmente las competencias centrales son resultados adicionales a los productos finales, incluyen la estructura organizacional y las habilidades propias para desempeñarse en el mercado; requieren enfoque, es muy difícil consolidar conocimiento y habilidades en diversos campos del negocio, las competencias centrales deben agregar valor al producto final, pueden ser aplicables a un rango de diferentes mercados y son difíciles de desarrollar e imitar. La identificación y desarrollo de las competencias centrales empresariales dependen del enfoque estratégico de la organización, enfoque en el cual se define que competencias centrales se construirán y sus componentes tecnológicos (Prahalad & Hamel, 1990), a partir de lo cual se puede inferir una similitud conceptual entre las competencias centrales y las capacidades organizacionales.

La gestión de las competencias centrales se sustenta con el uso de tres etapas: la definición adecuada de las competencias, que explica cómo se identifican y son medidas las competencias; la innovación, que describe cómo son transferidas en nuevos productos, servicios y procesos las competencias; y el aprendizaje, que describe las rutinas que sigue la organización para adquirir nuevas competencias (Tidd, 2000). A continuación en la Figura 1-1 se presenta la interacción de dichas variables.

La definición de competencias

Esta variable se desarrolla en el nivel estratégico de la organización y la componen dos tareas relevantes. La primera es identificar y desarrollar el rango de disciplinas o campos que mas combinan en función de procesos, productos o servicios ofrecidos por la organización. La segunda la identificación y exploración de nuevas competencias que deben ser añadidas si la capacidad funcional no genera valor agregado por convertirse en obsoleta (Tidd, 2000). Como tal el desempeño de estas tareas conlleva una visión constante del entorno y una visión critica acerca de las disciplinas desarrolladas y el éxito empresarial en la aplicación de las mismas.

Figura 1-1. Gestión de competencias



Fuente: (Tidd, 2000)

La innovación

La variable innovación es entendida como la posibilidad de trasladar competencias a nuevos productos, procesos y servicios. En los diferentes sectores, las oportunidades comerciales y tecnológicas afectan el tipo y éxito de la innovación (Tidd, 2000). Entre las variables tecnológicas se encuentra el alcance de la tecnología disponible en la organización, lo que consolida la oportunidad tecnológica para desarrollar nuevos productos o servicios, esto se denomina el empuje de la tecnología "tecnology push". En la variable comercial surge el ambiente de mercado y los recursos de administración internos para entender y atender las demandas del mercado o "market pull".

La premisa fundamental es explotar las competencias que existen y construir la relación entre competencias y producto final, para evidenciar el concepto de generación y selección de nuevos productos y desarrollos. La detección de señales débiles sobre la aparición de tecnologías emergentes presenta un enorme interés. La identificación y adopción tempranas de una nueva tecnología puede significar para la empresa el logro de una ventaja competitiva que la distancie de sus competidoras. Hamel y Prahalad, (1994) prestigiosos expertos en estrategia empresarial, indican que el éxito es cuestión de anticipación afortunada.

La variable "aprendizaje"

La dimensión del aprendizaje se consolida como una herramienta básica para adquirir nuevas competencias, en el marco del desempeño organizacional su complejidad es amplia; hay diferencias entre el aprender como y el aprender porque, ya que la una consolida la forma más eficiente del uso de algún recurso mientras la segunda evidencia los caminos para la consolidación del conocimiento, razón por la cual brinda más posibilidades para el desarrollo adicional de nuevas competencia. La apropiación de conocimiento encuentra diversos caminos de consolidación: experiencia, experimentación y adquisición; la experiencia se consolida frecuentemente cuando la organización establece lineamientos de actuación en atención a su entorno, la experimentación cuando desarrollan estrategias para solución de problemas y la adquisición que se da por la contratación de personas con algún perfil de conocimientos individual para su aplicación o la capacitación a los individuos de la organización (Tidd, 2000). El principal riesgo para la apropiación de conocimiento esta en la identificación del camino más efectivo, en atención a que los costos de cada esquema de apropiación son variables y el impacto de los mismos no es homogéneo para todas las organizaciones por las complejidades internas.

Para construir memoria la organización dispone de los recursos de aprendizaje individual que serán configurados en aprendizaje organizacional; adicionalmente el conocimiento en la organización presenta dos categorías de uso: tácito y explicito (Vega L., 2005). El conocimiento tácito, representa el conocimiento personal, no articulado, implícito y difícil de formalizar y comunicar (incluyendo experiencias, acciones, valores, emociones e ideas); mientras el conocimiento explícito se consolida como conocimiento codificado, sistemático (Nonaka & Takeuchi., 1995) y que es trasferible a través del lenguaje formal.

Las competencias centrales al configurarse como un lineamiento estratégico requiere una adecuada implementación, la cual parte de la correcta identificación, una oportuna conversión de competencias en productos y servicios novedosos que se remite a la innovación, y la adecuada apropiación de conocimientos a lo largo de la organización para poder consolidar rutinas de surgimiento de nuevas competencias que anticipen los cambios del entorno.

1.3 Marco de análisis de las competencias

El desempeño organizacional plantea diversos enfoques de análisis respecto al desarrollo de competencias, en el marco generado por Tidd (2000) propone la categorización de las competencias en: las competencias de mercado, las competencias tecnológicas y las competencias organizacionales; para cada uno de estos tópicos define parámetros de análisis o medición de los mismos que permite desarrollar la gestión de las competencias:

1. **Competencias de mercado.** En el entorno de mercado la organización consolida ventaja cuando identifica y desarrolla los factores que potencian la favorabilidad de elección en el consumidor, a saber: la habilidad para mejorar el valor a los consumidores a través de mejores productos y precios más competitivos, la habilidad para lograr nuevos productos para el mercado más rápido y mas eficientemente que los competidores y, una sostenible ventaja en clientes y reputación comercial, sin esto es improbable que la ventaja en valor sea percibida por los consumidores o que la innovación pueda entender el mercado. En el entorno de mercado la marca es esencial para la innovación y el crecimiento del mercado de consumidores en economías competitivas. El exitoso desarrollo de la marca mejora el valor para el consumidor a través de innovación y mejoramiento de calidad (Tidd, 2000).
2. **Competencias tecnológicas.** Se consolidan en las actividades que desarrolla la organización para acumular conocimiento y generar cambio técnico, las actividades para la apropiación de tecnologías en nuevas áreas, consolida una ventaja para crecer más rápido que los competidores (Simonetti, 1996). Tradicionalmente son medidos con indicadores de investigación y desarrollo, aunque estas herramientas de medición generan inconvenientes para aplicar en los ámbitos técnicos útiles para gestionar tecnología.
3. **Competencias organizacionales.** Identificadas también como las "competencias centrales", obedecen al análisis riguroso de la organización sobre los elementos que generan valor en su producto o servicio; el desagregue del mismo en sus componentes

técnicos, la definición del estado del arte en los componentes técnicos y la identificación de la perspectiva de desarrollo de cada técnica y su incidencia para aportar mayor valor al producto (Tidd, 2000).

Adicionalmente describe como componente de relevancia en la competitividad las relaciones con proveedores y clientes, en la medida que generan valor al producto final, cuando hacen más efectiva la asignación de recursos en la cadena de suministro y ofrecen un mayor valor a las expectativas generadas por el cliente por que son identificadas oportunamente.

1.4 Bases conceptuales de las capacidades y competencias tecnológicas

La dinámica empresarial en los mercados regulares obliga a las compañías a implementar acciones para desarrollar competencias tecnológicas que les permitan generar productos innovadores. En la perspectiva tradicional, la capacidad de generar tecnología está asociada casi exclusivamente a los sistemas físicos utilizados en la producción de bienes terminados con alto valor agregado. Para ampliar esta perspectiva Leonard-Barton (1998), identifica que la competencia de los negocios se logra mediante el desarrollo de habilidades tecnológicas propias. En su opinión, los conocimientos tecnológicos se componen de los sistemas físicos (equipos e instalaciones), sistemas de gestión, habilidades y conocimientos de sus empleados, las normas y valores de la empresa. En resumen, la competencia tecnológica de la empresa depende del desarrollo simultáneo en todas estas dimensiones.

El avance logrado por la empresa está ligado directamente a las posibilidades de su entorno, en razón de lo anterior la investigación de capacidades tecnológicas enfoca su análisis en dos dimensiones: el desempeño de las empresas para países desarrollados y para economías en desarrollo. Las perspectivas tienden a ser diferenciadas en atención que para una empresa en una economía desarrollada, como la mayoría de empresas están en la frontera tecnológica ya existen capacidades tecnológicas, la necesidad es la adecuada identificación de las competencia tecnológicas que le genere ventaja en el mercado, la consolidación de los mecanismos de apoyo a la promoción de la capacidad tecnológica, la mejor comprensión de los componentes de cada competencia, la adecuada rutinización de actividades y la optima renovación de las mismas con la

adecuada identificación de las competencias a desechar. Mientras que para una economía en el contexto de economía en desarrollo como la mayoría de empresas no presentan capacidades tecnológicas el debate surge en las actividades requeridas para su construcción y acumulación (Figueiredo P. N., 2001 a); el objetivo de la presente tesis es la exploración del estado del arte de las capacidades y competencias para economías en desarrollo y consolidar unas bases conceptuales para su aplicación en el entorno nacional.

La competencia tecnológica es definida como los componentes necesarios para que una organización promueva los cambios técnicos en los procesos y productos (Bell & Pavitt, 1993); para las organizaciones ubicadas en países en desarrollo, normalmente este proceso se desarrolla a partir de tecnologías distribuidas o adquiridas desde lugares con avance tecnológico relevante (Leonard-Barton, 1998), (Figueiredo P. N., 2001 a), que frecuentemente son países desarrollados, ya que en dichas economías fluyen más fácilmente las modificaciones técnicas que se consolidan como innovaciones en el mercado.

Cada organización consolida habilidades diferenciales para la aplicación de la tecnología adquirida, lo que se consolida como competencias; las empresas pueden "utilizar" o "cambiar" tecnologías (Bell & Pavitt, 1993), en el primer caso, la empresa se limita a operar un equipo, mientras que en el segundo, el grado de autonomía alcanzado permite a la compañía cambiar sus procesos e innovar, siendo competitiva por la capacidad de producir nuevos productos y desarrollar nuevas tecnologías (Cortes de C., 2002); sin embargo esta habilidad superior respecto a la aplicación de la tecnología es consecuencia directa de la aplicación de recursos a labores de alta complejidad en el entendimiento y evolución de la técnica. Como consecuencia directa se estima que globalmente el desarrollo de la capacidad tecnológica en las empresas está relacionado con los procesos de aprendizaje (Bell & Pavitt, 1993), en razón a que en estos procesos se consolidan conductas respecto a la aplicación de la tecnología.

La evolución de los conocimientos enmarcada en una dinámica de mejora de sus capacidades permite determinar la competencia tecnológica de la organización (Petit T., 2007) (Dutrenit & Vera-Cruz, 2000). El desarrollo tecnológico reúne elementos que hacen de esta cuestión mucho

más compleja que la evaluación de algunos puntos aislados. En resumen, el contenido tecnológico de una empresa no es sólo los productos que ella genera o los equipos modernos que se utilizan para este propósito, es un conjunto de factores asociados a distintas áreas de conocimiento e igualmente importantes, que contribuyen a su desarrollo (Cortes de C., 2002), para la formación de hábitos en la organización que permitan construir un mayor valor con el recurso tecnológico disponible.

Finalmente, la capacidad tecnológica se podría entender como el grado de complejidad tecnológica para el logro de algún objetivo estratégico de la organización y que es evidenciado en las competencias tecnológicas adquiridas. Por ejemplo, en el caso de las capacidades tecnológicas requeridas para lograr el avance tecnológico de los países desarrollados, en el modelo propuesto por Lall en 1992 (Bell M. , 2007) estas se pueden clasificar como capacidades tecnológicas básicas, intermedias e innovativas; con la identificación que el objetivo superior requerido para la tecnología es que sea innovadora en el mercado.

1.4.1 **Avance mundial en la conceptualización de las capacidades tecnológicas**

En el ámbito mundial las capacidades tecnológicas se han estudiado con el uso de modelos muy homologables, en los cuales las competencias tecnológicas adquiridas son categorizadas en atención a su impacto estratégico, con lo anterior, cada investigador adecua niveles de capacidades tecnológicas diferentes en los cuales refleja la validez de los diversos modelos de desarrollo tecnológico para cada requerimiento social.

En la Tabla 1-1 se presenta un resumen de las estructuras planteadas por algunos investigadores para analizar las capacidades tecnológicas, estas estructuras son generalmente desarrolladas en matrices de valoración de las capacidades tecnológicas (En el anexo 1, se puede observar una descripción general de la evolución de los modelos de valoración de capacidades tecnológicas).

Tabla 1-1. Estructuras de análisis de las Capacidades tecnológicas

	AUTORES			
	Lall (1992)	Bell y Pavitt (1995)	Amsden (2001)	Bell (2007)
Capacidades tecnológicas (C.T.)	C.T. Básicas: - C.T... - .. - C.T. rutina básica - ..	C.T. básicas de producción	C.T. de Producción	Operación / C.T. de producción
	C.T. Intermedias: C.T. adaptativa; C.T. duplicativa	C.T. para generar y manejar el cambio técnico	C.T. de Ejecución de proyectos	C.T. Diseño e ingeniería
	C.T. Avanzadas: C.T. innovativas; C.T. para manejar el Riesgo		C.T. de Innovación	C.T. Investigación y desarrollo

Fuente: Adaptado de Bell (2007)

En la Tabla 1.1 se referencia la visión de evolución en el escalamiento de las capacidades tecnológicas desarrollada por diferentes autores; partiendo de niveles muy detallados y escalonados como los propuestos por Lall (1992), pasando posteriormente a una agregación en la propuesta de Bell y Pavitt (1995) que ofrece solo dos niveles, y posteriormente planteando una diferenciación en las "capacidades tecnológicas para generar y manejar cambio técnico" planteadas por Amsden, quien sostiene que el paso de las capacidades de producción a las de innovación se da a través de la capacidad para ejecutar proyectos, es una visión bastante novedosa que soporta organizacionalmente la capacidad para generar cambios en las organizaciones, y qué, como se planteó anteriormente se articula con el requerimiento de cambiar las competencias que maneja la organización. Posteriormente para el año 2007 Bell propone una categorización diferente con la identificación de las "capacidades tecnológicas de diseño e ingeniería y las de investigación y desarrollo".

1.4.2 Aportes de Latinoamérica en los estudios de capacidades tecnológicas

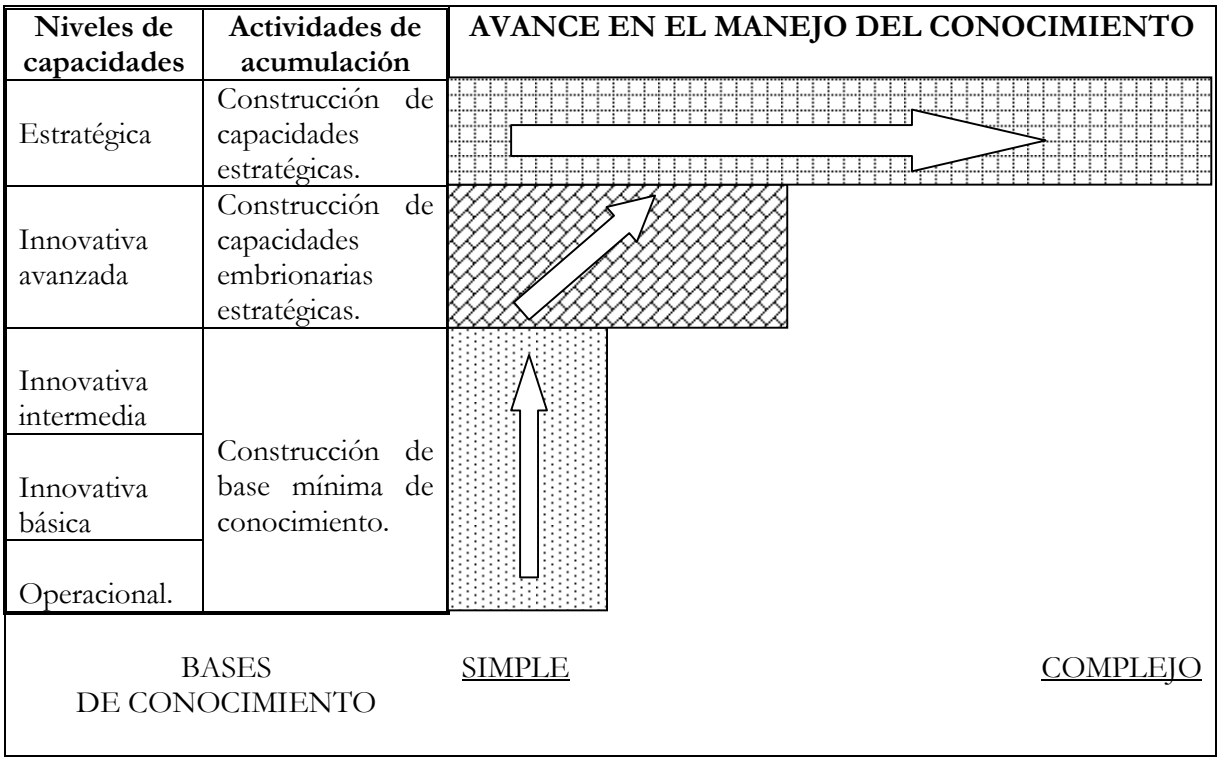
La región presenta trabajos en Brasil y México, zonas en las cuales se han construido núcleos de investigación sobre el uso de las capacidades tecnológicas para potenciar el desarrollo empresarial, cada comunidad desglosó su complejidad interna y adaptó los modelos de análisis de capacidades tecnológicas para atender sus requerimientos particulares, así por ejemplo el entorno mexicano se especializó en el concepto de maquila en atención al surgimiento de este modelo empresarial en la frontera norte de dicho país.

Propuestas desde México

En la sociedad Mexicana, se propone el desarrollo del Sistema Nacional De Innovación para determinar el éxito del progreso tecnológico con la articulación de los términos: paradigma, trayectoria tecnológica, evolución de las industrias, capacidades tecnológicas y capacidad de producción; en el marco de un enfoque evolucionista del conocimiento (Cimoli & Della G., 2003); sin embargo esta dinámica se rige por la disponibilidad de la estrategia tecnológica impuesta desde las empresas transnacionales que establecen redes internacionales de innovación, entre matriz y subsidiarias, consolidando un fuerte nivel de innovación, además de un alto nivel de complejidad, que se ven reflejadas en los flujos internacionales de patentamientos (Aboites, 2003).

Enmarcada en las dinámicas enunciadas anteriormente se puede concluir que la evolución en el desarrollo de las capacidades tecnológicas es consecuencia directa de la interacción con las fuentes de desarrollo tecnológico de punta, que en el caso mexicano se consolidó por su cercanía a los núcleos tecnológicos foráneos y sus facilidades de interacción en la sociedad por la estrategia de maquila, a partir de esto se desarrolla una estructura para valorar las capacidades tecnológicas en atención a la dinámica de las industrias maquiladoras de exportación presentes en esta sociedad (Dutrenit, y otros, 2002); a partir de lo anterior se desarrollo un núcleo de conocimiento para representar esta complejidad empresarial y proponer lineamientos complementarios para la promoción de las capacidades tecnológicas estratégicas; como se puede observar en la propuesta del espectro de las capacidades tecnológicas(Figura 1-2.).).

Figura 1-2. Espectro de las capacidades tecnológicas



Fuente: (Dutrenit G. , Building Technological Capabilities in Latecomer Firms, 2004)

En la figura 1-2 espectro de capacidades tecnológicas, se describe la relación entre los niveles de capacidades tecnológicas y las bases de conocimiento requerido para consolidar dichas capacidades tecnológicas. En el primer estado se consolida la construcción de una base mínima de conocimientos en las capacidades operacional, innovación básica e innovación intermedia, con lo cual se consolida una avance vertical, mientras que en la parte superior se consolidan las capacidades estratégicas que son las capacidades tecnológicas innovativas utilizadas para diferenciar las empresas competitivamente basados en la vanguardia de conocimiento, refiriéndose a empresas ubicadas en la frontera tecnológica, tratando por tanto, las cuestiones gerenciales enfocadas para el sustento, manutención e incremento de las capacidades ya existentes (movimientos horizontales). Entre los dos estadios, se encuentran las empresas en proceso de transición, que son aquellas que ya acumularon una base considerable de conocimiento tecnológico más aun están debajo de la frontera tecnológica, y están comprometidas en la construcción de capacidades estratégicas embrionarias, que son las capacidades innovativas que aun son incipientes y no son utilizadas para distinguir la empresa competitivamente, mas que en la construcción de una base para las capacidades estratégicas (Dutrenit G. , 2004); a partir de este

modelo se puede identificar la necesidad de conocimiento complejo en la medida que se adquiere niveles de capacidades tecnológicas superiores.

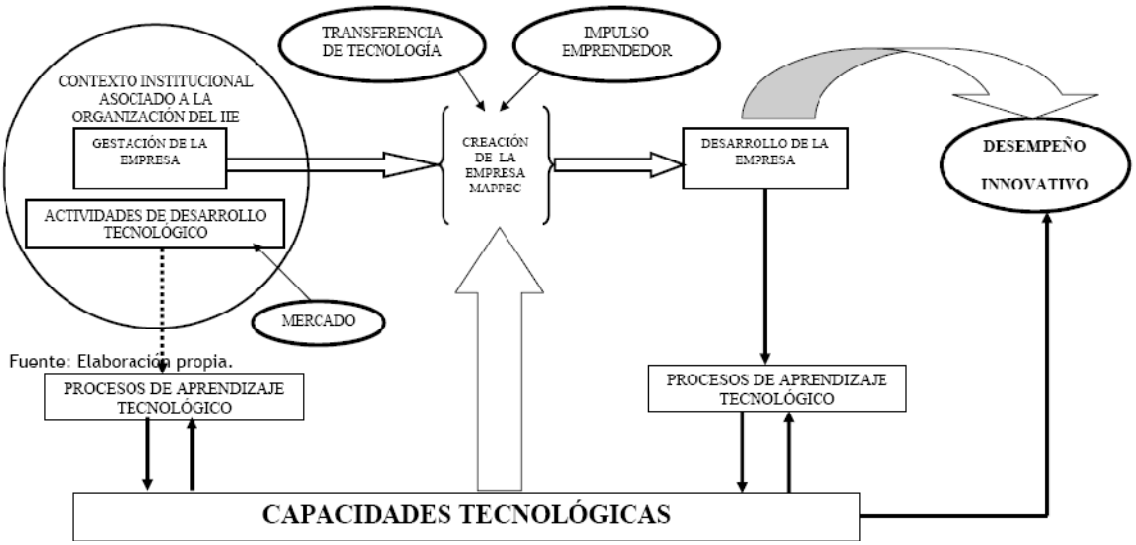
Complementariamente se encuentran propuestas de investigación sobre las características de evolución en las organizaciones que surgen en torno a la economía maquiladora de exportación (Dutrenit & Vera-Cruz, 2000), (Martinez R., 2004), (Sampedro H., 2003), (Arias N., 2003), (Salinas R., 2002), con la identificación de su potencial de crecimiento empresarial y creación de capacidades tecnológicas representativas para el entorno local.

Por otro lado también se desarrolló investigación sobre la instrumentalización de las capacidades tecnológicas en sectores económicos de alto impacto como el ambiental, con un caso de estudio (Melo Gomez, 2007) que evidencia la construcción de capacidades tecnológicas para mejorar el desempeño ambiental de una industria con alta trascendencia en contaminación ambiental como lo es la cementera.

Desde otro enfoque de investigación, también se describe la dinámica de construcción de capacidades tecnológicas como consecuencia de la interacción con núcleos de investigación y desarrollo. En el caso de Mappec y Probiomed (Bañuelos V., 2006), (Guadarrama, 2006), estas empresas se consolidan desde un grupo de investigaciones aplicadas (IIE- Instituto de Investigaciones Aplicadas) en el cual surgen sinergias que consolidan una posibilidad tecnológica para un modelo empresarial apalancado en procesos de aprendizaje tecnológico tanto en las fases iniciales de creación y en el desarrollo de la empresa.

Este modelo es descrito en la Figura 1-3, en esta se representa como las capacidades tecnológicas son alimentadas por los procesos de aprendizaje tecnológico dados durante la incubación y en el desarrollo de la empresa, con lo cual la empresa genera posibilidades para lograr un desempeño innovador. Adicionalmente la descripción del modelo plantea que los procesos de aprendizaje tecnológico se ven retroalimentados por la construcción de capacidades tecnológicas; y que la consolidación de capacidades tecnológicas retribuye en la creación de la empresa. Esta propuesta consolida una representación útil para evidenciar la forma en que la construcción de capacidades tecnológicas se puede consolidar desde las actividades de investigación aplicada para atender necesidades del mercado.

Figura 1-3. Origen de la empresa MAPPEC y acumulación de capacidades tecnológicas.



Fuente: (Bañuelos V., 2006) . Clave: IIE Instituto de Investigaciones Eléctricas de México. MAPPEC empresa Materiales Productos poliméricos y Elementos de Construcción S.A. de C.V. de México.

La dinámica de estudio de las capacidades tecnológicas desde el entorno mexicano, en los diferentes núcleos de construcción de conocimiento, genera diferencias en: la profundidad de análisis, aplicación o interpretación de las herramientas para dimensionar las capacidades tecnológicas; sin embargo la falta de homogeneidad, genera que las herramientas sean usadas para diferentes objetivos de desarrollo del conocimiento, aunque todos sean validos, en algunos se observa mayor consistencia y trascendencia en la investigación.

Propuestas desde Brasil

Desde el aporte desarrollado en Brasil, se abordó la problemática sobre las características de desarrollo tecnológico en sociedades en las que no predominan las empresas con tecnología de punta, problemática desde la cual también se caracterizó una matriz de capacidades tecnológicas particular, referida en la Tabla 1-2, que es novedosa para las presentadas en otros contextos en la medida que propone una mayor numero de niveles de capacidades tecnológicas, ya que se estructuró para reflejar con mayor sensibilidad la consolidación de las capacidades tecnológicas logradas por las diferentes organizaciones.

Tabla 1-2. Estructura de la matriz de capacidades tecnológicas en economías emergentes

Niveles de capacidades tecnológicas	Funciones tecnológicas y actividades relacionadas				
	Investigación		Procesos y organización de producción	Productos	Equipamientos
	Diseño y control sobre la planta	Ingeniería de proyectos			
	RUTINA				
Básico					
Renovado					
		INNOVADORES			
Extra básico					
Pre intermedio					
Intermedio					
Intermedio superior					
Avanzado					

Fuente: (Figueiredo P. N., 2004)

El enfoque principal estudiado desde este entorno es la transferencia de tecnología hacia las empresas en economías emergentes, con la consolidación de herramientas de medición de la acumulación lograda, por medio de la cual se consolida una propuesta de desempeño para disminuir las brechas de desempeño tecnológico.

La matriz de valoración de capacidades tecnológicas para economías emergentes fue aplicada en la valoración de las capacidades tecnológicas en sectores de alto impacto, como son: empresas de bienes de capital, empresas que requieren grandes volúmenes de capital de trabajo, empresas productoras de sistemas de información, etc. Generando conclusiones sobre el desempeño tecnológico de dichos sectores en la economía brasilera y en algún periodo especifico.

Adicionalmente exploraron las dimensiones de las actividades de aprendizaje en sus características: variedad, intensidad, funcionalidad e interacción (Figueiredo P. N., 2002); para poder medir su impacto en la consolidación de mayores niveles de acumulación de capacidades tecnológicas.

El aporte desarrollado desde los países de la región latinoamericana, profundiza el conocimiento respecto a las variables requeridas para la medición de las capacidades tecnológicas, al igual que sugiere apoyos instrumentales para identificar las causalidades en la construcción de capacidades tecnológicas en las organizaciones, con lo cual se puede concluir que existe un estructura de

trabajo útil para la construcción de una sociedad empresarial con mayores capacidades tecnológicas.

A pesar que no se ha identificado impacto en la mejora de la competitividad de las organizaciones objeto de estudio, las posibilidades estratégicas que consolida la herramienta de medición de las capacidades tecnológicas, permite suponer un impacto en el desarrollo y crecimiento organizacional, en la medida que el aprovechamiento de los recursos tecnológicos genera mayor valor agregado en el producto final.

En el ámbito macroeconómico las herramientas de valoración de capacidades tecnológicas presentan potencialidades de aplicación en la región en la medida que puede direccionar cambios en su estructura empresarial, ya que consolida cambio en el esquema de utilización y aplicación de la tecnología por las organizaciones. En la propuesta desarrollada desde México se observa un interés transversal de identificar herramientas para la evolución de las empresas maquiladoras, con el cual se promovió lograr uso tecnológico con alto valor agregado y desarrollo de competencias tecnológicas a las restantes organizaciones, bien sea en las cadenas productivas o en las empresas especificas. De manera similar en el modelo desarrollado en Brasil el objetivo fue desarrollar propuestas que articularan una transferencia exitosa de tecnología desde organizaciones transnacionales, para que con el uso más complejo de la tecnología se disminuyera la brecha en el manejo de la tecnología respecto a las economías desarrolladas.

1.4.3 **Aportes en Colombia**

Desde el enfoque local se identifica descripción de las características particulares en el manejo de la tecnología y las variables usadas en su desarrollo, con la descripción de lineamientos para el manejo de las capacidades tecnológicas, a partir de unas falencias presentes en el nivel local y las expectativas globales para la aplicación de las capacidades tecnológicas en la promoción del adecuado manejo tecnológico en la sociedad.

En el año 2002 se construyeron aportes para la medición de las capacidades tecnológicas, en la consolidación del Manual de Bogotá (Jaramillo, H.; Lugones, G.; Salazar, M., 2001), documento que describió las características para la medición del desempeño tecnológico en la región América Latina y el Caribe, en atención a las complejidades del manejo tecnológico propias de economías en desarrollo y de la idiosincrasia local.

El documento se recopila los resultados de talleres regionales enfocados para evidenciar las características locales del manejo de la tecnología y que son situaciones atípicas respecto al manejo racional de los recursos tecnológicos (propuestas en el Manual de Oslo (OECD, 1997)), tales como: la ausencia de dimensión estratégica en la mayoría de organizaciones de la región lo que dificulta la proyección tecnológica, las dificultades para asimilar y emplear eficientemente la tecnología adquirida, la prevalencia de empresas pequeñas con posibilidades menores de distribuir los costos fijos de la adquisición de capacidades tecnológicas, ausencia de interacción entre sistemas nacionales y locales para la promoción tecnológica, entre otras.

Como consecuencia de lo anterior los autores del Manual de Bogotá proponen la necesidad de consolidar parámetros de medición de la innovación en la región para poder consolidar políticas, que permitan la promoción del desarrollo local, con una adecuada dimensión estratégica del logro de los objetivos tecnológicos, que permitan evidenciar avances tecnológicos a nivel social. Adicionalmente respecto a las capacidades tecnológicas, el Manual de Bogotá, propone cambiar el marco analítico para evaluarlas, desde un enfoque simple de la transferencia de recursos tecnológicos hacia un enfoque más estructural que dimensione las actividades del cambio técnico continuo, generalmente incremental, cuyos objetivos serian: el adaptar las tecnologías adquiridas al contexto específico en el cual serán aplicadas y alcanzar mayores niveles de eficiencia operativa. Estas actividades son importantes por las siguientes razones: "a través de la acumulación de innovaciones menores se pueden obtener importantes incrementos de productividad; y a causa de las diferencias en la dotación de recursos, en el tipo y calidad de los insumos, en los gustos locales, etc., siempre es preciso realizar adaptaciones en alguna medida "idiosincrásicas" a las tecnologías importadas, para su operación en el medio local" (Jaramillo, H.; Lugones, G.; Salazar, M., 2001, pág. 49). Otro punto de reflexión que surge del Manual de Bogotá es la diferenciación del enfoque dado a las actividades de aprendizaje para que estén acordes a las características tecnológicas de la organización y la disponibilidad de recursos tecnológicos aplicables.

La propuesta general presentada en el Manual de Bogotá parte de la caracterización de las capacidades tecnológicas en las organizaciones en países en desarrollo desde las capacidades de producción, de inversión, de innovación y de eslabonamiento. Las de producción abarcan las dinámicas para controlar los procesos, optimizarlos, y la diversificación de mercados; las capacidades de inversión incluyen el manejo de proyectos, proveer la información necesaria para hacer operacional a la tecnología en un contexto específico, la compra de los equipos y servicios

necesarios, capacidades para realizar el start up y alcanzar normas de operación predeterminadas, el entrenamiento de la fuerza de trabajo y la realización de estudios de prefactibilidad; las capacidades de innovación que consisten en crear nuevas posibilidades técnicas y llevarlas a la práctica económica; y las capacidades de eslabonamiento, "que son necesarias para intercambiar información, experiencia y tecnología de los proveedores de componentes y materias primas, subcontratistas, consultoras, firmas de servicio e instituciones tecnológicas" (Jaramillo, H.; Lugones, G.; Salazar, M., 2001, pág. 50) (Ortega R., 2005, pág. 93) . Con este planteamiento desde el Manual de Bogotá se da contexto regional a las matrices de capacidades tecnológicas propuestas por Bell y Pavitt desde 1993, a pesar que su propuesta es muy similar a la desarrollada en México (Dutrenit, y otros, 2002) en una fecha muy homogénea.

Desde otro artículo para el año 2009 se describió la brecha en los escenarios nacional, regional y mundial respecto al manejo de las capacidades tecnológicas (Castellanos D., Jiménez H., & Domínguez M., 2009). De lo cual se concluye que el manejo de las capacidades tecnológicas se consolida internacionalmente como una estrategia para competir, sin embargo en el contexto regional de Latinoamérica se han realizado ejercicios de aplicación de valoración de las capacidades tecnológicas pero no se ha articulado en el marco de líneas de trabajo estratégicas. Para Colombia identifica los principales retos en la apropiación cultural de las capacidades tecnológicas en los diferentes actores de la economía, ya que el concepto requiere articulación desde la formación profesional de las diferentes carreras técnicas y de ingenierías, la consolidación social de esta variable de desempeño para las organizaciones y la evaluación de la sociedad de su avance para direccionar políticas en promoción y desarrollo de capacidades tecnológicas especificas, para generar mejor valor agregado en la sociedad.

En resumen se observa que desde el enfoque nacional hay un trabajo significativo y estructurado en reflexionar la complejidad tecnológica aplicable al entorno, con conclusiones relevantes de alto impacto, pero con poco o ningún desarrollo de aplicación de estos modelos de valoración a la sociedad, situación presentada en México y Brasil. Por otro lado la reflexión local identifica la brecha presente en nuestra sociedad en investigación para la aplicación de herramientas de valoración de las capacidades tecnológicas.

1.5 Impacto de las capacidades y competencias tecnológicas en el desarrollo tecnológico

El discurso desarrollo tecnológico está enmarcado en los modelos elaborados desde los organismos internacionales como estrategia de promoción para mejorar las condiciones de vida en los países pobres, ya que con las actuales condiciones de avance científico y tecnológico, existe disponibilidad para que la humanidad tenga acceso a los recursos de conocimiento. Sin embargo el acceso a los beneficios de la tecnología no genera similares rendimientos en las diferentes regiones, por las diferentes estructuras sociales para acceder al conocimiento, aplicar adecuadamente los conocimientos o identificar que conocimiento requiere su entorno. En este sentido se justifica la utilización de un marco de valoración de las capacidades tecnológicas para potencializar sus beneficios a la sociedad atendiendo las complejidades regionales que impactan en el acceso a la tecnología.

1.5.1 **La visión del desarrollo desde la tecnología.**

La categorización de los países se enmarca en diversas clasificaciones según el interés de análisis; las clasificaciones más comunes son las que buscan agrupar países según variaciones en la tasa de crecimiento, composición comercial, balanza de pagos, competitividad, desarrollo humano, producto interno bruto (PIB) (Archibugi & Coco, 2004). Un ejemplo de la caracterización con el uso de las variables anteriormente expuestas lo podemos identificar con la propuesta construida por la UNIDO (Organización Para El Desarrollo Industrial De Las Naciones Unidas), quienes han clasificado a los países en economías desarrolladas, economías en transición, economías en desarrollo y África Subsahariana (UNIDO) para clasificar el desarrollo industrial; esta caracterización procura enfocar acciones para la promoción y el desarrollo en países menos adelantados. De igual manera otras agencias internacionales de promoción caracterizan según su variable de interés. Se puede señalar que el término "desarrollo" en un sentido general, no es una etiqueta para designar a los tipos específicos de problemas, sino que depende del ángulo o enfoque de tratamiento (Santos L., 2007).

A pesar que algunos países en desarrollo han generado crecimiento económico constante a lo largo de los últimos años su avance a la categoría de economías desarrolladas no se logra en atención a que su impacto económico y tecnológico en el escenario internacional aun es moderado, y a que el progreso no se refleja uniformemente en todas las esferas sociales, sobre todo por los grandes problemas sociales que aun enfrentan. (Hobday, 1995).

A partir de la década de 1960 existe un interés en identificar el grado y nivel de avance industrial y económico de los países en desarrollo, se intento analizar e investigar las medidas adoptadas desde el inicio del proceso de industrialización, los factores clave que facilitaron o impidieron las trayectorias de éxito; con análisis comparativo entre países, realizado principalmente a través de los indicadores disponibles en el momento de los estudios, que sirvieron de fuentes de datos y elementos base en el análisis (Godin, 2002); usados para establecer tendencias o rutinas seguidas en los procesos de industrialización.

Primero se impuso una teoría lineal en la cual el desenvolvimiento de los países más atrasados, sobre todo en el aspecto industrial, seguiría aquella de los países más avanzados, se asumía la revolución industrial inglesa, como un patrón de desarrollo industrial exitoso, especialmente, debido al papel determinante de la acumulación de capital proveniente del comercio y la agricultura modernizada (Gerschenkron, 1962); se consolidaban las rutas de construcción del desarrollo desde las experiencias de los países desarrollados, tratando de imitar las mismas condiciones previas para que la evolución pueda ser replicada con éxito.

Posteriormente este paradigma fue revaluado sobre el argumento que afirma que las condiciones y características presentes en el proceso industrial actual en los países desarrollados es fundamentalmente diferente a los existentes en los países atrasados, especialmente acerca de la velocidad (tasa) del desarrollo industrial y las estructuras productivas y de organización derivados de la industrialización. Partiendo de la importancia que el contexto, es decir, las circunstancias y características de cada país, y el momento temporal e histórico de los hechos, puesto que los factores de crecimiento pueden variar con el tiempo al igual que la brecha entre líderes y seguidores (Tunzelmann, 1995). Se enfatiza en el papel de los factores institucionales como esenciales para ayudar a los países de industrialización tardía en superar sus dificultades y alcanzar los líderes industriales, especialmente los relacionados con promoción a la industrialización y a la inversión de capital.

A partir de aquí se introduce conceptos más útiles para comprender los procesos de desarrollo e industrialización en los países avanzados; dando relevancia a las particularidades del contexto, cuestionando la intervención del estado para compensar los retrasos, la cual requiere indicadores más apropiados de medición de su impacto en la modernización tecnológica.

1.5.2 **La tecnología y su impacto en el desarrollo**

En el desarrollo de la sociedad el conocimiento se ha usado para satisfacer las necesidades de los individuos; uno de los enfoques para analizar este uso del conocimiento se ha aplicado con el término tecnología, sin embargo la definición no es homogénea en la medida que se ha construido desde diferentes enfoques, algunos asimilan su definición con base en la complejidad de nuestro tiempo, sin avalar los desarrollos del pasado; otros autores la abordan desde la forma en que se controla e influye el entorno natural del hombre pero sin avalar el aporte de la ciencia y del sistema industrial; otras definiciones abordan la funcionalidad de la tecnología basadas en la creación y satisfacción de necesidades para el ser humano (Salomon, 1984).

Se observa el surgimiento del pensamiento tecnológico con el inicio de la revolución científica del siglo XVII, cuando la tecnología se aborda como la ciencia de aplicación del conocimiento racional para todos los propósitos prácticos, y se entiende como la combinación de la ciencia (conocimiento de laboratorio) y la técnica (conocimiento de la fábrica). Con la revolución industrial y el crecimiento de la mecanización se consolida la práctica tecnológica como un componente de la gestión; se empezó a desarrollar en forma de manuales, enciclopedias y diccionarios más enfocados para el uso de los ingenieros (Salomon, 1984). Con el paso del tiempo y la modificación de las estructuras económicas y sociales, la gestión de la tecnología se consolida como una variable de relevancia para el sistema social.

La tecnología es una fuente para identificar nuevas necesidades y posteriormente satisfacerlas, con lo cual impacta el desarrollo de bienes de consumo en la sociedad, es así como se puede contemplar algunas tecnologías como factor principal de fabricación de algunas líneas de productos y de la misma manera existe una secuencia de tecnologías necesarias para la generación de un producto (Santos L., 2007). Desde esta perspectiva la tecnología está representada como la acumulación de conocimientos de diversos tipos y orígenes, mientras los productos son el resultado de la transformación de las bases de conocimiento, es decir, lo que sucede en las empresas es la transformación de los conocimientos sobre la tecnología y los conocimientos sobre los productos.

1.5.3 El papel de la gestión tecnológica para promover las competencias y capacidades

La competencia entre las organizaciones las ha llevado a especializarse en el uso de los recursos tecnológicos, para optimizar los procesos productivos y la incorporación de herramientas de gestión para el crecimiento del conocimiento técnico en la organización. Adicionalmente la productividad en las organizaciones esta sujeta a la capacidad para usar los recursos disponibles y es consecuencia directa de una adecuada gestión tecnológica en la organización, en razón de lo anterior se puede argumentar que la gestión tecnológica es una estrategia tanto para la maximización de oportunidades como para garantizar mecanismos de innovación sobre los procesos y sobre el producto final (Pérez, Moreno, Santiago, & Díaz, 2006), basada en crear capacidades y herramientas en la organización para anticipar situaciones, para capitalizar oportunidades de mercado, y para convertir amenazas en oportunidades (Chávez C. & Muñoz G., 2006).

Gaynor (1999, pág. 7) plantea que la "gestión puede asumirse como un arte aplicado que involucra utilizar la vinculación de datos, información, conocimientos, y la interacción social entre las personas en la solución de problemas o en la búsqueda de oportunidades"; particularmente para el requerimiento tecnológico Solleiro (1988) enfoca la gestión como el conjunto de técnicas para entender y resolver problemas acerca de la predicción, la proyección y la prospección tecnológica; al igual que plantea la reflexión en factores que afectan la variable tecnológica tales como, el apoyo gubernamental, la información científica y tecnológica, la construcción de estructuras organizacionales adecuadas para la investigación, los comportamientos humanos en el proceso de desarrollo tecnológico, la planeación y control de proyectos, la vinculación entre las unidades de investigación y las de producción, la legislación en la materia, etc.

La caracterización de la gestión tecnológica puede ser abordada bajo dos dimensiones según Zoltán (1993),: (1) la macro, comprendida en políticas gubernamentales para la innovación y el desarrollo tecnológico; y (2) la micro, constituida por el "conjunto de decisiones empresariales que engloban aspectos técnico-gerenciales relacionados con la selección, negociación, transferencia, adaptación, utilización y asimilación de una tecnología determinada, y el objetivo de promover la generación de capacidades tecnológicas locales, por medio del estímulo de la actividad innovadora" (Castellanos, 2007, pág. 28). Adicionalmente, se configura el nivel meso, que abarca niveles de gestión e integración interempresarial, mediante alianzas como los clusters, las cadenas productivas, los parques tecnológicos, etcétera; es en este marco que la gestión tecnológica en las

organizaciones ha tenido una evolución diferenciada, dependiendo las condiciones económicas, sociales y tecnológicas de cada región. Evaluada bajo esta perspectiva para Suarez Uribe (2006) la gestión tecnológica también incluye un sistema de conocimientos tras disciplinarios que determina un dominio de prácticas, pero adicionalmente es un proceso multidimensional cuya función es la planeación, organización, dirección, ejecución y control del desarrollo tecnológico en los sistemas nacionales de innovación y en las empresas. La adecuada consolidación del dominio de practicas de la organización permite construir las capacidades tecnológicas centrales en la organización (Dutrenit G. , 2001), que se entiende como la variable de gestión interna en las organizaciones que los hace diferentes respecto a sus competidores.

1.5.4 **Aprendizaje y Capacidades tecnológicas**

El desempeño tecnológico de las organizaciones se puede describir con la construcción de dos marcos de análisis: la acumulación de capacidades y los procesos de aprendizaje tecnológico; sin embargo estos modelos se contextualizan en atención al desarrollo económico de los países y su formación tecnológica. El primer modelo refiere la formas y caminos por donde se desarrolla la acumulación de capacidades tecnológicas, así como la trayectoria, dirección y la tasa de de acumulación. El segundo modelo refiere a los diversos procesos de adquisición de conocimientos por las personas y como este conocimiento se procesa y se adquiere al nivel organizacional; se refiere a los procesos a través de los cuales el aprendizaje individual se convierte en el aprendizaje organizacional (Figueiredo P. N., 2001).

Sin embargo hay una articulación directa entre los dos modelos de análisis ya que el aprendizaje tecnológico se refiere a los diversos procesos que permiten a la empresa acumular capacidad tecnológica en el tiempo o las capacidades para generar y administrar el cambio técnico (Jaramillo, H.; Lugones, G.; Salazar, M., 2001). Es a través de estos procesos, que los "conocimientos técnicos (tácitos) de las personas son transformados en sistemas físicos, procesos, procedimientos, prácticas y productos y servicios de la organización" (Figueiredo P. N., 2004) (Figueiredo P. N., 2001).

Este abordaje esta inspirado en la teoría evolucionaria del cambio económico, en la cual la innovación se considera un proceso que se desenvuelve a lo largo de una trayectoria, estrechamente relacionada con las habilidades de las empresas, cuyas características de

organización y los rasgos se transmiten a través del tiempo. En este sentido, las opciones tecnológicas aplicadas en el pasado, los conocimientos y habilidades acumuladas, las adaptaciones al entorno de operación, todos interactúan de maneras complejas, dando como resultado la influencia sobre el futuro de la organización (Nelson & Winter, 1982). Sin embargo los criterios de mejoramiento en los cambios se da cuando la organización se especializa en hacer más de lo mismo, esta rutinización de actividades se justifica por la importancia en el almacenamiento de los conocimientos operativos específicos de la organización; las rutinas determinan comportamientos que trascenderán y serán consolidados en la organización.

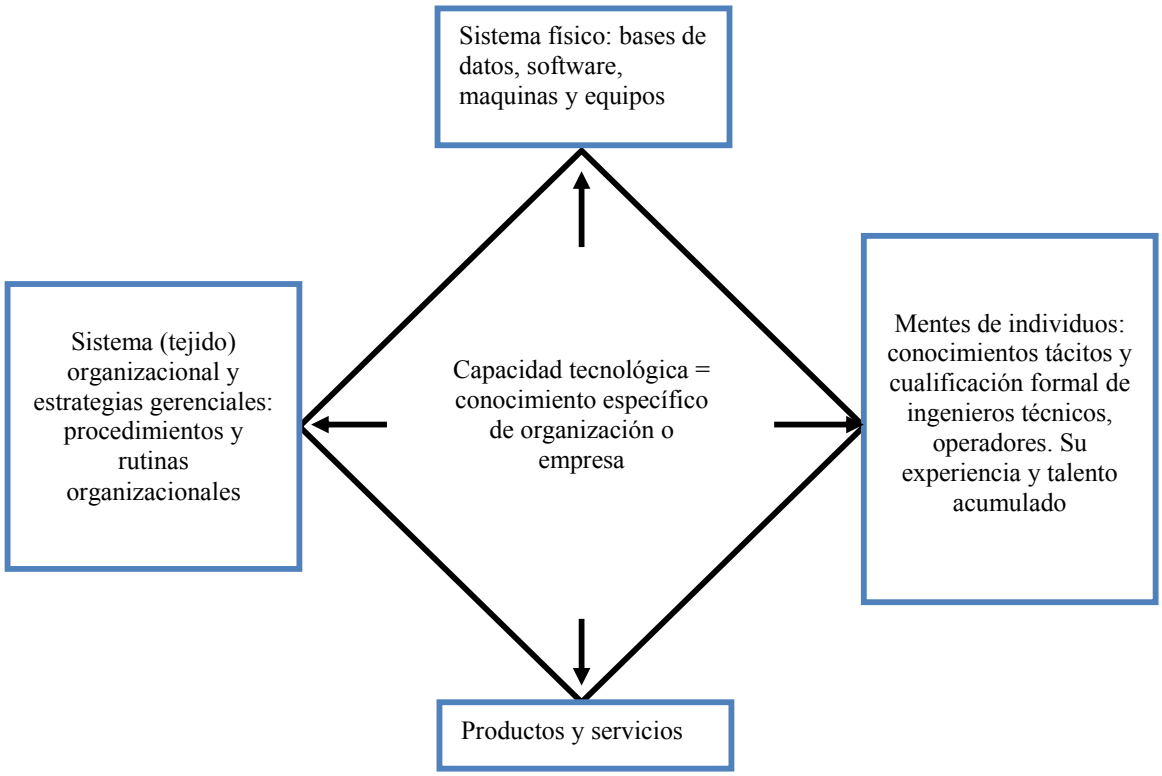
Así, según la teoría evolucionaria, los conocimientos tecnológicos no son compartidos homogéneamente entre las empresas, y no son fáciles de imitar o transferir. La transferencia necesaria requiere de aprendizaje porque la tecnología es tácita, y sus principios inherentes no son fáciles de comprender (Nelson & Winter, 1982). Según Lall y Teubal (1998), las empresas operan con un conocimiento imperfecto, en el cual se requiere tiempo y esfuerzo para aprender a usar las tecnologías en forma eficiente y consolidar avances tecnológicos.

Por lo tanto, el aprendizaje y el desarrollo de las rutinas son procesos graduales que dependen del curso elegido, y requieren decisiones conscientes y deliberadas, también implican procesos de organización y de gestión, no sólo tecnológicos (Santos L., 2007), con lo cual se articula la gestión tecnológica con su impacto al núcleo gerencial en la organización.

Asociado con los esfuerzos internos de las empresas para adaptar y perfeccionar la tecnología por ellas adquirida está el concepto de la capacidad tecnológica, entendida como el conjunto de rutinas apropiadas exclusivamente por la organización que le permiten diferenciarse en el manejo del recurso tecnológico (Dutrenit G. , 2001) . Bell y Pavitt (1993) definen la capacidad tecnológica como los recursos necesarios para generar y gestionar el cambio tecnológico, incluyendo las habilidades, conocimientos y experiencia, las estructuras institucionales y las redes de conexiones.

A partir de la década de 1990 se reconoció las capacidades tecnológicas como fuente de ventaja competitiva, con lo cual se abordaron con un enfoque más amplio, a fin de dar más importancia a la gestión y organización, lo que condujo a las diferentes dimensiones de las capacidades tecnológicas, como se muestra en la figura 1-4((Lall, 1992), (Bell & Pavitt, 1993), (Bell & Pavitt, 1995) (Figueiredo P. N., 2001)).

Figura 1-4. Componentes de las capacidades tecnológicas



Fuente: Figueiredo (2005).

La capacidad tecnológica de una empresa se almacena y se construye en sus: sistemas técnicos y físicos (plantas, instalaciones, maquinaria, software, equipos), en su capital humano, el conocimiento tácito es decir, la experiencia y habilidades que estas personas adquieren, con el tiempo, también incluye la educación formal, en sus sistemas de organización, de gestión e institucionales, es decir, está incrustado en las rutinas, (en sus formas tácita y codificada), los procedimientos, las normas, los procesos de producción, procesos administrativos, las técnicas de gestión de producción, los flujos de conocimientos, normas de gestión, estructura organizativa, y sus productos y servicios, que es la parte más visible de las capacidades tecnológicas y refleja los otros componentes (Figueiredo P. N., 2004). Por lo tanto, existe una relación inseparable entre estos cuatro componentes de las capacidades tecnológicas, que son características claves e intrínsecas al contexto de la empresa, región o país donde se desarrollan.

1.5.5 **Consolidación de las capacidades tecnológicas**

En atención a la perspectiva evolucionaria, la transferencia de tecnología, por la adquisición de productos o tecnologías "listos para el uso" incluyendo los conocimientos y las especificaciones de operación, corresponde a una perspectiva limitada de la acumulación de capacidades tecnológicas, ya que la transferencia tecnológica implica mucho más, es decir, incluye el cambio técnico continuo para dar forma a una tecnología adquirida a las condiciones particulares de uso, y mejora continua para satisfacer los estándares de desempeño más elevados, con lo cual se puede llegar a etapas de generación tecnológica (Santos L., 2007). Así, la transferencia y la innovación son conceptos complementarios. La innovación es simplemente el comienzo del proceso de transferencia. Con el tiempo, las empresas desarrollan capacidades de rutina, que desarrolladas de forma eficiente a través de un proceso secuencial y acumulativo, pueden ser seguidas por innovación básica, innovación intermedia e innovación elevada, y en los casos que se aceleran estos procesos es posible mantener el ritmo con los desarrollos de la frontera tecnológica y reducir la brecha tecnológica (Figueiredo P. N., 2004).

Por otra parte, no puede decirse que las diversas formas de adquisición externa de tecnología a través de los procesos de transferencia son los posibles sustitutos de las actividades de innovación endógena, debe haber, por parte de las empresas, "un esfuerzo al mismo tiempo e igualmente importante para crear o fortalecer sus propias bases internas de la innovación" (Martins F. & Moraes Z., 2004). En este sentido, la vinculación de los procesos de transferencia de tecnología, conocimientos y tecnología de aprendizaje, se consolidan en el concepto de capacidad de absorción, definida por Cohen y Levinthal (1990). Según ellos la conversión de los conocimientos individuales en el aprendizaje organizacional requiere de dos elementos importantes: una base de conocimientos (tácito y explícito)1 y la intensidad del esfuerzo o el compromiso2 (Kim L. , 1997). Las organizaciones son vistas como sistemas de aprendizaje (Kim L. , 1998), donde la capacidad de absorción determina los niveles de aprendizaje presentes en la empresa.

Estrechamente vinculada a la capacidad de las empresas para absorber el conocimiento externo, la tecnología se consolida en el nivel meso económico de las empresas, donde se construyen los acuerdos y las redes de colaboración, que sirven como agentes importantes para promocionar y

[1] Que influyen en los procesos de aprendizaje de hoy y la naturaleza del aprendizaje en el futuro.
[2] Los esfuerzos conscientes de los individuos de una empresa a internalizar los conocimientos a los que están expuestos.

proporcionar medios para la acumulación de las capacidades internas, ya que facilitan el acceso a fuentes de nuevas tecnologías y fomentan la acumulación tecnológica.

Al interior de las organizaciones se observan diferencias entre las características de los conocimientos tecnológicos acumulados, generados por la especialización de algunas áreas en la organización, y que derivan en conductas de poder diferenciadoras respecto al "monopolio de la información" en la empresa y su estatus como "centro de competencia" para un área determinada; con lo cual las organizaciones deben generar también la capacidad de absorber la tecnología y los conocimientos desarrollados al interior de la empresa, superando las reticencias a la transferencia del conocimiento (Criscuolo, 2002), para evitar consolidar poderes basados en las capacidades de aprendizaje de los diferentes sectores en la organización.

Utilizando los conceptos de capacidad y de aprendizaje tecnológico, Bell y Pavitt (Bell & Pavitt, 1993) definieron cinco categorías de empresas, como se describe en la Tabla 1-3, en la cual se describe diferentes categorías de empresa en atención a las dinámicas de cambio tecnológico presentes.

Tabla 1-3. Categorías de empresa según el tipo de tecnología

Tipo de empresa	**Tipo del cambio tecnológico**	**Enfoque de las actividades tecnológicas de aprendizaje**
Empresas dominadas por el proveedor	El cambio tecnológico proviene casi exclusivamente de la adquisición de maquinaria, equipo y otros insumos, las opciones tecnológicas reflejan el costo de los factores, la acumulación se basa en las mejoras y los cambios en los métodos de producción e insumos.	La atención se centra en las operaciones de producción.
Empresas basadas en el uso intensivo de escalas	La capacidad de acumulación se logra mediante la construcción y operación de complejos sistemas de producción y/o productos, los procesos y productos tecnológicos se desarrollan de forma incremental basados en las experiencias de las anteriores operaciones.	La preocupación se centra en las mejoras en proceso y producto.
Empresas basadas en el uso de intensivo de la información.	Donde la acumulación se produce a través de la capacidad de almacenar, procesar y transferir información, donde las mejoras tienden a basarse en la experiencia a través de cambios graduales.	

Tipo de empresa	Tipo del cambio tecnológico	Enfoque de las actividades tecnológicas de aprendizaje
Empresas basadas en uso de información científica	La acumulación de capacidades tecnológicas es a través de laboratorios de investigación y desarrollo de la empresa, depende en gran medida de los conocimientos, habilidades y técnicas de la investigación académica, donde hay transferencia internacional requiere la capacidad de realizar ingeniería inversa, que a su vez requiere actividades de investigación, desarrollo y diseño,	Dominadas por la aplicación de la investigación básica al desarrollo de sus productos y procesos asociados.
Empresas proveedoras especializadas	Que ofrecen productos de alto rendimiento, tales como maquinaria, componentes, instrumentos y software, donde la acumulación es a través del diseño, construcción y explotación utilización de estos productos y la preocupación radica en la fiabilidad y el rendimiento.	Su principal actividad es el desarrollo de equipamientos y componentes.

Fuente: Adaptado de (Bell & Pavitt, 1993)

Según los autores (Bell & Pavitt, 1993), los llamados países de bajos ingresos tienden a explotar su ventaja comparativa basada en el primer tipo de empresas en las que necesitan ser eficaces y eficientes en la compra de tecnología. Por otro lado, en países de ingresos altos dominan los dos últimos tipos de empresas, y los países industrializados se caracterizan por ser en una transición entre los dos extremos, es decir, cambiando gradualmente a partir de una base competitiva dominada por el proveedor a otra para ser proveedores especializados, pero el ritmo, la dirección y las bases de la infraestructura institucional diferentes.

Esta diferenciación planteada por Bell (1993) en cuanto al desempeño tecnológico prevaleciente en regiones geográficas y económicas sustenta el análisis en capacidades y competencias tecnológicas diferenciales para cada contexto de desarrollo:

(i) cuando la adquisición y difusión de tecnología, en forma global (como esfuerzo creativo para adaptarse y mejorar en necesidades especificas del entorno), tiene importancia capital;

(ii) cuando las capacidades productivas y tecnológicas están principalmente en las etapas básicas e intermedias, y

(iii) cuando, aunque hay empresas en diferentes niveles de desarrollo tecnológico, son dominantes las que se encuentran todavía en las primeras etapas de desarrollo de habilidades básicas e intermedias, a diferencia de los países desarrollados, que se caracteriza por el dominio de las empresas en la frontera tecnológica, y que por lo tanto ya tienen, en la mayoría de los casos, las capacidades más avanzadas.

Así que, naturalmente, los grupos de países tienen metas, actividades, preocupaciones y necesidades diferentes, que requieren, por tanto, de diferentes estrategias y análisis (Santos L., 2007), a partir de lo cual se sustenta la reflexión de la problemática de las capacidades tecnológicas en países en desarrollo.

1.6 Retos respecto a las capacidades tecnológicas en Colombia

La sociedad colombiana no se caracteriza por contar con muchas organizaciones empresariales que realicen investigación avanzada para la solución de problemas técnicos, por el contrario presenta organizaciones empresariales con poca disponibilidad de recursos para la creación de capacidades tecnológicas (Jaramillo, H.; Lugones, G.; Salazar, M., 2001), es por ello que uno de sus necesidades fundamentales es la planeación adecuada de escenarios de desarrollo tecnológico en los cuales la sociedad priorice, desde su gobierno, la formación de capacidades que generen ventaja competitiva; identificando herramientas de medición del avance en consolidación de capacidades, articulando planes de acción en sectores reales de la economía y en el sector educativo para lograr consolidar capacidades tecnológicas especificas.

La consolidación de herramientas de valoración debe obedecer a lineamientos muy específicos para la aplicación en los sectores económicos de interés, de tal manera que genere replicación y comparación en los resultados para que los actores sociales (sector empresarial, sector educativo, gobierno) gestionen adecuadamente medidas que permitan avanzar en la acumulación de dichas capacidades.

La sociedad debe encontrar en las herramientas de medición de las capacidades tecnológicas respuesta confiable acerca del desempeño tecnológico de las empresas, consolidándose como una responsabilidad social de las empresas en sectores estratégicos mejorar sus capacidades tecnológicas para ofrecer a la sociedad en su conjunto los mejores bienes y servicios.

2 Evolución de los elementos de Valoración de capacidades tecnológicas.

La valoración de las capacidades y competencias tecnológicas enfocada a países en desarrollo se apoya recurrente en la aplicación de la matriz de valoración de capacidades tecnológicas, esta matriz ofrece un modelo adaptable a los requerimientos de investigación en cada región o comunidad; sin embargo el desarrollo investigativo ha permitido complementar esta herramienta con reflexiones alternas respecto a las relaciones de causalidad para el logro de las capacidades tecnológicas.

El abordaje de valoración de capacidades tecnológicas presentó inicialmente la descripción de trayectorias seguidas por los países que lograron el umbral de desarrollo luego de ser países en desarrollo; estableciendo como variables de estudio los criterios de elección de la trayectoria tecnológica a seguir, el coste, disponibilidad, facilidad de acceso y adquisición de tecnología (Lall & Teubal, 1998). Con un enfoque básico de valoración del conocimiento transferido desde una región proveedora de tecnología hasta una región carente de la misma, en la que se propone medir el proceso de aprendizaje y la posibilidad de replica de los principios tecnológicos adquiridos en el entorno receptor de la tecnología.

Evolucionan posteriormente a lineamientos de valoración más amplios y dinámicos que permitan describir las complejidades presentadas en los cambios tecnológicos a lo largo de un periodo de tiempo; identificando la velocidad de estos cambios, los esfuerzos internos realizados por las empresas, las mejoras incrementales en los equipos y plantas, los procesos de aprendizaje, la transferencia de tecnología y los mecanismos de adquisición de conocimientos al interior de las organizaciones (Figueiredo P. N., 2001); con una visión más amplia de cerrar las brechas en el desempeño tecnológico con las empresas de punta, en el marco de una economía que requiere consolidación de ventajas competitivas cambiantes.

Adicionalmente existe un cambio en la apreciación del desempeño tecnológico en las regiones subdesarrolladas, con el establecimiento de una visión más favorable a valorar los procesos creadores en las organizaciones de estas regiones.

Se identifican dos tendencias en la valoración de las capacidades tecnológicas. Una tendencia direccionada respecto al componente organizacional y humano de la capacidad, en la cual se mide las habilidades de la empresa para entender las acciones con respecto a la tecnología, su uso (operar, crear y adaptar) y la configuración tecnológica lograda por las empresas para solucionar las necesidades de producción presentes en su entorno. La otra tendencia identifica la aproximación a alguna de las tres dimensiones de la capacidad tecnológica: identificar los niveles en el uso creativo de la tecnología, el enfoque tecnológico o función tecnológica primordiales de la organización, y los niveles de ejecución en los ciclos de vida de los proyectos productivos (Bell M. , 2007).

A partir de lo anterior se describe las rutas de apropiación de los modelos de valoración de las capacidades tecnológicas iniciando con la forma en que se consolida los lineamientos de una matriz de valoración para posteriormente describir como se especializan en el manejo de la transferencia de tecnología y posteriormente la adaptación de estos modelos en los países de la región. Para identificar los criterios generales que se pueden utilizar en la aplicación de los modelos de valoración de las capacidades tecnológicas en el entorno local, que será desarrollado en el siguiente capítulo.

2.1 Diversos enfoques para consolidar un marco de medición de la tecnología

En la década de los setenta Hayami y Ruttan (1971) desarrollaron un modelo de análisis de capacidades tecnológicas aplicables al sector de la agricultura, que parte de la diferenciación entre países importadores y productores de tecnología, con la identificación de las diferentes fases de la transferencia exitosa de tecnología.

Hayami y Ruttan construyen una escala de niveles de capacidad que describe la complejidad en el de uso de la tecnología, inicia con la utilización de la tecnología, continúa con el probar y

reproducir para culminar con la adaptación a las necesidades locales (Bell M. , 2007). Es de resaltar que este modelo se particularizó para el manejo de tecnología agrícola pero sus principios de estructuración son replicables para modelos posteriores.

Posteriormente Katz (1987), estructuró un nuevo paradigma de desarrollo tecnológico, para potencializar las actividades innovadoras, de los países menos desarrollados, consideradas hasta ese momento insignificantes (Bell M. , 2006); pero con este aporte el desarrollo de capacidades fue visto simplemente como un cambio entre diferentes funciones (Bell M. , 2007). Su primera contribución, consistió en realizar un análisis del camino de evolución tecnológica en un periodo de tiempo, identificando además de las trayectorias trazadas por las empresas (incluyendo estancamientos y retrocesos), la velocidad de esta evolución (Figueiredo P. N., 2001b); también enfatizo en las diferentes áreas funcionales de la empresa y la construcción de capacidades en cada una de ellas y demostró que las funciones tecnológicas variaban en atención a los diferentes tipos de industria (Bell M. , 2007). La segunda contribución fue identificar las características de los procesos de aprendizaje, procesos de transferencia de tecnología y factores estimuladores o inhibidores de la innovación (Dutrenit G. , 2004); caracterizó la relevancia y la necesaria secuencia de construcción de capacidades en las funciones tecnológicas: Diseño de producto y especificaciones, Ingeniería de procesos, e Ingeniera industrial (planeación de la producción).

Simultáneamente Dahlman y Westphal en 1982 y Dahlman, Ross-Larsen y Westphal en 1987, propusieron un modelo cuyo énfasis estaba en el camino de la profundización de las capacidades tecnológicas para tres funciones a partir de las operaciones más básicas en las tecnologías existentes, hasta el desarrollo de las capacidades de innovación. Sin embargo, la idea de progreso en esta trayectoria fue visto como el paso de una etapa de capacidad a otra en las funciones: producción, inversión y innovación, sin profundizar en las diferencias dentro de cada etapa de la capacidad (Santos L., 2007).

En 2001 Amsden propone una perspectiva dinámica de evaluación entre los diferentes niveles de cada capacidad tecnológica: entendidas como capacidad de innovación, capacidad de ejecución de proyectos de inversión y Capacidad de producción (estos tipos de capacidades pueden ser homologados con las funciones tecnológicas abordadas hasta el momento por los anteriores autores), en cada capacidad se observa perfeccionamiento desde los niveles inferiores hacia los superiores así por ejemplo en la capacidad de innovación se valora desde el "desarrollo avanzado" hasta lograr la "ciencia pura" (Bell M. , 2007), esta propuesta es presentada en la

Tabla 2-1 y fue elaborada con referencia al camino seguido por las empresas en Singapur.

Tabla 2-1. Tipos de capacidades tecnológicas Amsden 2001

Capacidad de innovación	Capacidad de Ejecución de proyectos de inversión	Capacidad de producción
Ciencia pura Investigación básica Investigación aplicada Investigación exploratoria Desarrollo avanzado	Entrenamiento personal Estudios de pre factibilidad de inversión Ejecución de proyectos - Administración de proyectos - Ingeniería de proyectos - Contratación, construcción, producción de maquinaria, levantamiento de planta - Inicio de operaciones.	Administración de producción Ingeniería de producción

Fuente: (Bell M. , 2007)

Los avances logrados se refieren a la mejor apreciación para caracterizar el desarrollo tecnológico, describiendo su complejidad e identificando como fuente referencial de análisis los caminos tecnológicos avanzados por los países en desarrollo para convertirse en países desarrollados, por otro lado la recurrencia en la identificación de las funciones tecnológicas relevantes para el desarrollo tecnológico plantea coordinación inter investigativa para consolidar propuestas redundantes; la problemática fundamental encontrada hasta estas etapas de la investigación es la dificultad de clasificar el desarrollo empresarial en el marco de las funciones tecnológicas propuestas, ya que la complejidad empresarial indica que las organizaciones desarrollan avances en las distintas capacidades sin consolidar el logro completo en cada una de las capacidades propuestas.

2.2 Especialización de criterios para la transferencia de tecnología.

Desde los países en frontera tecnológica se logran establecer caminos para la especialización o el surgimiento de tecnologías, sin embargo la caracterización del manejo tecnológico en los países en desarrollo parte con la natural desventaja respecto a las posibilidades en el manejo de la tecnología, ya que por ser economías con pocas empresas de punta, su línea de actuación se enfoca en el uso y adaptación de la tecnología a las características locales.

A pesar de lo anterior los investigadores han propuestos lineamientos para manejar de forma compleja la tecnología, que en su mayoría se desarrolla foráneamente, hasta lograr dinámicas de manejo tecnológico similares a las empresas más avanzadas; a partir de este objetivo se estructuró el trabajo en matrices de valoración de capacidades tecnológicas acordes a los requerimientos específicos en cada región.

Las matrices corresponden a estructuras de análisis que describen el desarrollo tecnológico de manera secuencial, con descripción de las funciones tecnológicas en las columnas y en las filas describen los grados de complejidad en el manejo de dichas funciones.

Para cada investigador la definición de funciones obedece a características estructurales de las organizaciones en las cuales desarrollaron sus respectivas investigaciones. Así Lall en 1987 encontró como relevante las funciones: 1) preparación de proyectos, 2) ejecución de proyectos, 3) ingeniería de procesos, 4) ingeniería de producto, 5) ingeniería industrial y 6) transferencia de tecnología; con lo cual se configura una consolidación de diferentes capacidades tanto administrativas como técnicas para lograr avanzar en la consolidación de dinámicas de creación tecnológica; sin embargo en esta propuesta no describió las características que delimitan el manejo complejo de cada una de las funciones tecnológicas. Posteriormente Lall (1992) propuso una categorización adicional de las funciones tecnológicas identificando las funciones de inversión, que son las de 1) preparación de proyectos y 2) ejecución de proyectos; y clasificó las complejidades en el manejo tecnológico en básico, intermedio y avanzado para cada una de las funciones tecnológicas.

Mientras que Bell y Pavitt (1995) proponen una categorización para las funciones descritas anteriormente, enmarcándolas en funciones de inversión, funciones de producción y funciones de soporte, como se describe en la tabla 2-2. Sin embargo esta categorización es una agregación de las propuestas anteriores en la medida que utiliza funciones tecnológicas muy similares así: las funciones de inversión incluyen 1) la posibilidad de los usuarios para decidir, hacer y controlar la tecnología, y 2) la preparación e implementación de proyectos; las funciones de producción incluyen las funciones 3) organización de procesos y producción y 4) centrada en el producto; y las funciones de soporte incluyen 5) desarrollo de vínculos y 6) suministro de bienes de capital; en esta configuración surge la variable respecto a la elección tecnológica que es de gran impacto para las decisiones tecnológicas.

Tabla 2-2. Esquema de análisis de capacidades tecnológicas propuesto por Bell y Pavitt (1995)

Nivel De Capacidades	**Actividades primarias**				**Actividades de soporte**	
	Inversión		**Producción**			
	Facilidad de los usuarios para decidir, hacer y controlar la tecnología	Preparación e implementación de proyectos	Organización de procesos y producción	Centrado en el producto	Desarrollo de vínculos	Suministro de bienes de capital
	Capacidades básicas de producción (capacidad para usar las técnicas de producción existentes)					
	Capacidades tecnológicas (capacidad para generar y manejar el cambio técnico)					
Básico						
Intermedio						
Avanzado						

Fuente: Adaptación de la matriz con propósitos ilustrativos (Bell & Pavitt, 1995)

De manera complementaria al modelo planteado por Lall (1992), en los niveles de manejo de la complejidad tecnológica Bell y Pavitt (1995) definen capacidades básicas de producción en cada una de las funciones tecnológicas; con lo cual se estructura una diferenciación respecto a lo que se considera capacidad de producción y capacidad de evolucionar en el manejo tecnológico (en el anexo 1 se presentan a profundidad los modelos desarrollados).

2.3 Propuestas desde latinoamerica

En las propuestas surgidas desde el núcleo latinoamericano se construyen herramientas de medición de las capacidades tecnológicas en las organizaciones de la región latinoamericana y describen particularmente los caminos seguidos para la profundización de capacidades tecnológicas, en empresas de la región.

2.3.1 Estructura ajustada de la evolución de las capacidades tecnológicas

En México se desarrolla una propuesta de investigación para valorar las capacidades tecnológicas desde la investigación de la Universidad Autonoma de Xochimilco (Dutrenit, y otros, 2002), en la

cual se observa un interés en abordar la matriz de capacidades tecnológicas propuesta por Bell y Pavitt (1995) ajustando algunas denominaciones en las diferentes funciones, con ajuste total de la función "transferencia de tecnología", en la cual propone identificar funciones especificas para una dinámica de operación de subsidiarias de transnacionales, a partir de allí configura tres funciones denominadas: Vinculación interna, Vinculación externa y Modificación de equipo; con lo anterior se observa una propuesta particularizada para el desempeño empresarial de las empresas maquiladoras de la región norte de México (la ampliación de información respecto a esta matriz se encuentra en el Anexo 1).

Tabla 2-3. Esquema de la matriz de capacidades tecnológicas desarrollada para la industria maquiladora de exportación

Nivel De Capacidades	Función técnica de inversión		Función técnica de producción		Función técnica de soporte		
	Toma de decisiones y control	Preparación y ejecución del proyecto	Centradas en procesos y organización de producción	Centradas en el producto	Vinculación Externa	Vinculación Interna	Modificación de equipo
Capacidades operativas básicas							
C. innovativas básicas							
C. innovativas intermedias							
C. innovativas Avanzadas							

Fuente: Esquema ajustado de la matriz original desarrollada por Dutrenit; Vera-cruz; Arias; Avendaño; Gil; Sampedro; Uriostegui. (2002)

El esquema general de la matriz propuesta se describe en la Tabla 2-3, en la cual se puede observar la definición de las funciones técnicas de soporte; otra característica particular se da en la función técnica de inversión denominada "toma de decisiones y control"; este ajuste obedeció a que los grandes proyectos de inversión dependen de las decisiones del corporativo y no de las decisiones de la empresa subsidiaria situada en México (Dutrenit, y otros, 2002).

Como aporte para la articulación de una herramienta de medición, los investigadores mexicanos estructuraron la medida y seguimiento del índice de capacidades tecnológicas articulado para establecer un método de comparación en los niveles de acumulación a lo largo del tiempo y entre diferentes organizaciones maquiladoras (Dutrenit, y otros, 2002). El índice refleja el nivel de

capacidades tecnológicas acumuladas por la planta maquiladora/línea de negocio/operaciones en México en un periodo determinado, a partir de lo cual se genera un instrumento para evaluación en diferentes periodos la matriz de capacidades tecnológicas (Sampedro H., 2003) enmarcado en una visión institucional de consolidación de las capacidades tecnológicas al interior de la organización (para mayor explicación revisar el anexo 1).

2.3.2 **Caracterización de factores claves en la construcción de capacidades tecnológicas**

Para el entorno desarrollado en Brasil desde el EBAPE (Escola Brasileira De Administração Pública E De Empresas –Rio de Janeiro), se observa recurrencia (en el anexo se desarrolla la descripción global de los trabajos abordados en el entorno brasilero) de trabajos en torno a las capacidades tecnológicas, con diferentes propuestas metodológicas para valorar la complejidad del aprendizaje empresarial presente en las empresas de la región. Su marco de estudio se especializa en el análisis interno de la organización y la comparación inter organizaciones para evidenciar trayectorias desarrolladas para la construcción de cada capacidad tecnológica, a partir de decisiones gerenciales y procesos de educación.

El desarrollo inicial se caracterizó por la reducción en la cantidad de funciones y la ampliación de los niveles de profundidad, igual que en los anteriores modelos la aplicación del modelo a una industria especifica del acero fue la guía para la definición de estas funciones. Las funciones definidas fueron: 1) Diseño y control sobre la planta, 2) Ingeniería de proyectos, 3) Procesos y organización de producción, 4) Productos y 5) Equipamientos. Describe la complejidad en el manejo de cada función en siete niveles, mientras la propuesta mexicana aborda cuatro niveles (Figueiredo P. N., 2001).

En la Tabla 2.4 se presenta un esquema general de la matriz propuesta desde el entorno brasilero, en la cual se identifica una característica particular a las desarrolladas hasta el momento, ya que en los niveles extra básico y pre intermedio se presentan capacidades de rutina e innovadoras simultáneamente; el modelo capta dos tipos de trayectorias, la producción de bienes y servicios cada vez más complejo y la profundidad en cada nivel de capacidad tecnológica (Figueiredo P. N., 2001).

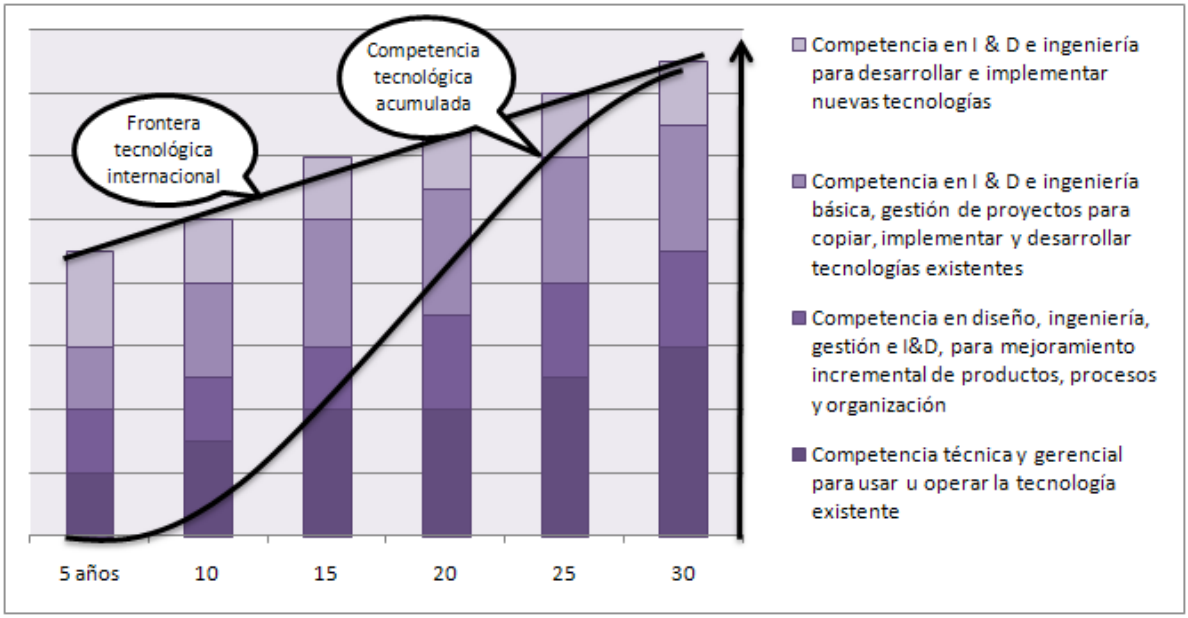
Tabla 2-4. Esquema general de la matriz de capacidades tecnológicas en empresas de economías emergentes

Niveles de competencias tecnológicas	Funciones tecnológicas y actividades relacionadas				
	Inversión		Procesos y organización de producción	Productos	Equipamientos
	Diseño y control sobre la planta	Ingeniería de proyectos			
	RUTINA				
Básico					
Renovado					
		INNOVADORES			
Extra básico					
Pre intermedio					
Intermedio					
Intermedio superior					
Avanzado					

Fuente: Adaptado de la matriz original desarrollada por Figueiredo (2001)

Esta matriz se complementa con el uso de herramientas para evidenciar la velocidad o tasa de acumulación de cada capacidad, con las cuales de mide el número de años en que la empresa demora en avanzar de un nivel a otro en cada capacidad tecnológica. Una de estas herramientas desarrolladas es la trayectoria para la descripción de la acumulación de capacidades tecnológicas en empresas de economías emergentes, que se presenta en la Figura 2-1, que representa la ruta posible para la construcción y la acumulación de competencias tecnológicas en todos los niveles intermedios como una ruta adecuada para alcanzar los niveles más avanzados.

Figura 2-1. Trayectoria de acumulación de capacidades tecnológicas



Fuente: Bell (2007)

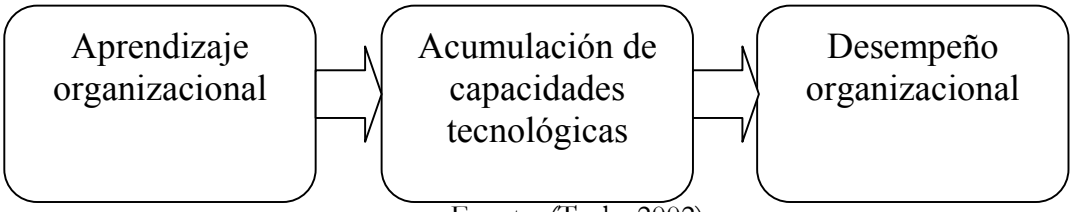
La Figura 2.1 propone una visión pedagógica del proceso de construcción de capacidades tecnológicas, en primera instancia la frontera tecnológica internacional crece cada año, por otro lado cada competencia tecnológica se consolida con algunos niveles (en este caso cuatro) de profundidad en el uso de la tecnología, los niveles aumentan en complejidad de uso de la tecnología; y la ruta propuesta propone un camino acelerado por todos los niveles de profundidad descritos (En el anexo se describirá a profundidad esta herramienta).

Otra herramienta usada para dimensionar la velocidad de avance en la consolidación de las diferentes competencias tecnológicas es un indicador de cuantos años demora la organización para alcanzar cada competencia, la propuesta es menos grafica que la descrita en el acápite anterior pero por su visión global resumida permite entender de manera muy practica que le cuesta a la organización lograr avanzar en alguna función tecnológica (la ampliación de esta herramienta se encuentra disponible en el anexo y se denomina "velocidad en la acumulación de las competencias tecnológicas").

2.3.2.1 Estructura de análisis del aprendizaje tecnológico.

Para desarrollar una descripción que permita entender las fuentes que consolidan las capacidades tecnológicas, se identificó la relación que tiene esta construcción de capacidades con los procesos de aprendizaje y como dicha construcción puede apoyar el desarrollo organizacional.

Figura 2-2. Ruta de acumulación de capacidades tecnológicas



Fuente: (Tacla, 2002)

Figueiredo (2001 a) propone que los procesos de aprendizaje pueden ser analizados sobre cuatro características claves: variedad, intensidad, funcionamiento e interacción. Cada una de ellas propuesta después de revisar literatura de empresas en industrialización y frontera tecnológica.

Adicionalmente para describir los mecanismos de conversión de conocimientos los factores claves son analizados sobre la estructura desarrollada por Nonaka y Takeuchi (1997), en la cual se identifica mecanismos de adquisición y de codificación del conocimiento; con lo anterior se incluyen cuatro procesos de aprendizaje: proceso de adquisición interna de conocimiento, proceso de adquisición externa de conocimiento, proceso de socialización de conocimiento y proceso de codificación del conocimiento (Cortes de C., 2002). Esta propuesta se diagrama en la matriz de valoración del aprendizaje que es estructurada y definida para empresas en economías emergentes.

Tabla 2-5. Esquema de la matriz de valoración de procesos de aprendizaje en empresas de economías emergentes

Procesos de aprendizaje	***Características claves de los procesos de aprendizaje***			
	Variedad	***Intensidad***	***Funcionamiento***	***Interacción***
	Ausente - presente (limitada - moderado - Varios)	***Una vez - intermitente - continua***	***Pobre - moderada - buena - excelente***	***Baja - moderado – fuerte***
Procesos y mecanismos de adquisición de conocimientos				
Adquisición interna de conocimientos				
Adquisición de conocimientos externos				
Procesos y mecanismos de conversión del conocimiento				
La socialización del conocimiento				
La codificación del conocimiento				

Fuente. Adaptado de la matriz original propuesta por Figueiredo (2001 a)

La matriz propone categorizar de una manera sistemática las fases de adquisición y conversión de conocimientos y evaluar su éxito en la organización, la matriz se presenta en la Tabla 2-5; la propuesta general de trabajo inicia con la categorización de los procesos de aprendizaje en las cuatro filas propuestas y a partir de allí evaluar si dichos procesos presentaron las características claves de aprendizaje; a partir de lo anterior evaluar si dichos procesos de aprendizaje fueron los impulsores particulares del avance en la matriz de valoración de las capacidades tecnológicas.

A partir de esta dinámica de evaluación bastante rigurosa y descriptiva se pueden obtener relaciones de causalidad más solidas respecto a los factores contribuyentes reales en la construcción de capacidades tecnológicas.

2.4 Identificación de factores en el desarrollo nacional de capacidades tecnológicas

En la investigación nacional se observan esfuerzos divergentes en la caracterización de factores sin embargo los modelos de medición no han superado el estado de validación o las dinámicas de replicación para consolidar objetivos tecnológicos aplicables al desempeño organizacional.

Se encuentran propuestas para caracterizar las capacidades tecnológicas desde la encuesta nacional de innovación, definiendo las capacidades tecnológicas como: I+D, gestión de recursos, aprendizaje organizacional, planeación estratégica, producción, mercadeo y organizacional (Robledo Velásquez, Gómez Jiménez, & Restrepo Arias, 2008); sin embargo una conclusión relevante de este estudio fue que es poco lo que se puede evidenciar del desarrollo innovador y tecnológico con la información presentada en las encuestas.

Adicionalmente Pino Marrugo desarrolló una propuesta (2008) con una descripción detallada de las capacidades tecnológicas, a través del análisis interno y externo de la tecnología, cada uno de los cuales sugiere los siguientes elementos de análisis:

a. Análisis interno
    a. Inventario tecnológico, es la consolidación de información de cada activo tecnológico:
        - Instancia cualitativa: mide la gestión de la productividad, competencia con maquinaria, control de calidad a procesos; la eficiencia con la disponibilidad del aparato productivo tecnológico.

- Instancia cuantitativa: sistematización de procesos, cálculos cuantitativos en procesos, inventario tecnológico,

b. Construye la definición tecnología de núcleo, tecnología de apoyo, producto o servicio critico.
c. Determinación del estado de las tecnologías en su ciclo de vida.

b. Análisis externo
   a. Benchmarking
   b. Definición de cuales son las tecnologías criticas de la organización.
      - Ciclos de vida de cada una de las tecnologías de la organización.
      - Ciclo de vida en el sector de las tecnologías.
      - Ciclo de vida de las tecnologías de los competidores.
      - Capacidades tecnológicas de la organización y de sus competidores.
   c. Matriz de diferenciación, relaciona diferenciación y dominio tecnológico.
   d. Matriz de posición competitiva, relaciona ciclo de vida de las tecnologías y posición competitiva.

Con la descripción anterior se construye un instrumento para la gerencia de la tecnología al interior de la organización; pero no se registran resultados de su aplicación. Sin embargo la propuesta es bastante articuladora y ofrece alternativas para abarcar la complejidad en el marco tecnológico que ofrecen las organizaciones.

2.5 Tendencias en la valoración de capacidades tecnológicas

El interés de analizar el entorno empresarial desde la variable tecnológica ha desarrollado diversas metodologías, entre las cuales el análisis de las capacidades tecnológicas propone un modelo de evaluación de la madurez en el desempeño tecnológico de la organización para enfrentar los retos del mercado.

La valoración de las capacidades tecnológicas se ha desarrollado progresivamente con la estructuración de la matriz de análisis, en la cual se evalúa la organización por el logro de algunos criterios muy concretos en el marco de funciones tecnológicas específicas y niveles de complejidad en el uso de la tecnología.

Cada comunidad de investigadores desarrolla tareas incrementales para un mayor entendimiento de la variable tecnológica, estos aportes respetan la línea estructural de análisis con la selección o adición de funciones tecnológicas, ampliación o disminución de los niveles de complejidad en el uso de dicha tecnología. Estos aportes se articulan con la visión técnico administrativa que se da del fenómeno tecnológico.

La construcción de herramientas de análisis de las capacidades tecnológicas, requiere que dichas herramientas presenten flexibilidad para aplicarlas a la complejidad empresarial del entorno social y de mercado, ya que con la aplicación a diferentes problemáticas empresariales se desarrolla confianza en la herramienta y en el método para medir una variable que ha sido poco abordada por los estudios empresariales como es la tecnología; ejemplo de ello es la aplicación diversa que se desarrolla en los entornos de la Escuela Brasileira de Administración Pública y de la Universidad Autónoma de Xochimilco- México.

Enlazado con la valoración de las capacidades tecnológicas surge la identificación de la forma de construcción de las mismas; es por ello que se desarrolla el análisis del aprendizaje desarrollado en la organización, en el cual es relevante el estudio de la variedad, intensidad, funcionamiento e interacción de los procesos de aprendizaje como factores de impacto para la construcción de capacidades tecnológicas.

La expectativa de estos modelos de estudio es brindar herramientas de gestión tecnológica, en la medida que el análisis detallado de la historia de la organización respecto a su evolución tecnológica debe brindar perspectivas sobre las posibilidades futuras de desarrollo tecnológico en la organización, facilitando la asignación de recursos en la investigación y desarrollo.

El aporte generado desde las propuestas desarrolladas en el entorno nacional no presenta perspectivas de aplicación de los diversos modelos desarrollados y tampoco de los modelos foráneos que presentan bastante aplicación en diferentes países; bien sea por ausencia de visión estratégica al interior de las organizaciones en el manejo tecnológico o por la carencia de enfoques investigativos para consolidar conocimiento acerca de la valoración más adecuada de la tecnología y de su proceso de apropiación en nuestro entorno.

3 Componentes usados en la valoración de las capacidades tecnológicas

Los modelos de valoración de capacidades tecnológicas se desarrollan en contextos estructurados de reflexión acerca del valor agregado logrado con la gestión tecnológica en la sociedad, a partir de esta inquietud general se consolidan modelos para medir la tecnología en alguna dimensión y para determinar las variables que afectan el logro de niveles superiores en el desempeño tecnológico.

Las reflexiones de los investigadores respecto a la evolución tecnológica inician por particularizar las rutas del desarrollo tecnológico en cada región, y para las regiones en condiciones de atraso tecnológico, proponen rutas de avance en su desarrollo tecnológico que permitan el logro de niveles de desempeño de regiones desarrolladas; como marco de referencia del comportamiento tecnológico avanzado e innovador, adecuado para la satisfacción de las necesidades del mercado, generar rentabilidad en el ejercicio empresarial y mantener competitividad regional.

La dimensión tecnológica, de difícil caracterización por la diversidad de criterios que aportan en su desarrollo, se evalúa con la matriz de valoración de las capacidades tecnológicas para determinar las condiciones logradas en el uso avanzado e innovador de la tecnología; sin embargo esta herramienta es limitada por que solo revela el estado de la organización en un instante; Para superar este inconveniente, se han desarrollado herramientas complementarias de reflexión con las cuales se pretende identificar variables adicionales, tales como la causalidad o velocidad en el logro de las capacidades tecnológicas, entre otras, útiles para estructurar propuestas sobre un adecuado manejo tecnológico.

El uso de la matriz de valoración de las capacidades tecnológicas categoriza la capacidad tecnológica como los niveles de manejo complejo de la tecnología, que en atención a los autores se denominan diferente, por ejemplo para el grupo de trabajo liderado por Dutrenit y otros (2002)

las capacidades tecnológicas son: operativas básicas, innovativas básicas, innovativas intermedias e innovativas avanzadas; adicionalmente las capacidades tecnológicas se componen del logro de niveles de competencias en las diferentes funciones tecnológicas referidas en cada modelo. A partir de lo anterior se sustenta que los modelos describen niveles de capacidades tecnológicas alcanzados y de manera complementaria especifiquen las competencias logradas en las diferentes funciones tecnológicas.

Por otro lado la consolidación de criterios de valoración de las capacidades tecnológicas obedece a los requerimientos específicos de cada sociedad, por ello cada comunidad de investigadores desarrolló sus propuestas metodológicas de valoración guiados por intereses estratégicos. Para la comunidad latinoamericana la investigación se ha encadenado con aportes complementarios entre las comunidades académicas brasileras y mexicanas, sin embargo cada comunidad ha consolidado especialización en atención a los intereses regionales propios. A manera de ejemplo la propuesta mexicana articula herramientas para los núcleos de trabajo del sector maquilador, con la articulación de herramientas especificas para esta complejidad tecnológica y social; mientras que la comunidad brasilera propone herramientas más especificas para los modelos de transferencia de tecnología a las empresas locales subsidiarias de transnacionales.

En el presente capítulo se describen las herramientas usadas en los modelos de valoración al igual que sus metodologías de aplicación, surgidas en los aportes descritos en el capítulo anterior, para poder establecer en el próximo capítulo la propuesta de valoración aplicable a un caso del aparato productivo colombiano.

Las herramientas usadas dimensionan la variable tecnológica en la organización, o los factores que llevaron a su consolidación; entre esas herramientas se encuentra: la matriz de capacidades tecnológicas, el índice de capacidades tecnológicas, la trayectoria de acumulación de capacidades tecnológicas, la evaluación de los procesos de aprendizaje en economías emergentes, entre otras, que se describirán globalmente a continuación.

3.1 Matriz de valoración de capacidades y competencias tecnológicas

Es la herramienta más apropiada en los diferentes contextos regionales, por el uso reiterado a lo largo de diversas generaciones de investigadores desde la década de los setenta (Hayami & Ruttan, 1971) y por su flexibilidad de adaptación a las complejidades locales.

La capacidad tecnológica describe la posibilidad de la organización para usar la tecnología que dispone en el logro de su función empresarial, a partir de allí la matriz de valoración de las capacidades propone identificar las funciones tecnológicas requeridas para consolidar el adecuado uso de la tecnología, dichas funciones se clasifican en: funciones de inversión, de producción y de soporte como se presenta en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1. Componentes globales de la matriz de capacidades tecnológicas

Niveles de profundidad	Funciones técnicas de Inversión		Funciones técnicas de Producción			Funciones técnicas de Soporte	
	Diseño y control sobre la planta	Seguimiento y ejecución de proyectos	Actividades centradas en procesos	Actividades centradas en producción	Actividades centradas en producto	Vinculación externa o interna	Transferencia de tecnología o modificación de equipos
Complejidad de rutina							
Complejidad innovadora							

Fuente. Adaptado de la matriz propuesta por Bell y Pavitt (1995)

Las funciones de inversión son las habilidades necesarias para poner en servicio una nueva planta o ampliar una planta existente. Implican la identificación de necesidades, la preparación para la adquisición y la adquisición de tecnología necesaria, el diseño, construcción, equipamiento y dotación de personal de la instalación. También implican la determinación de los costos de capital del proyecto, así como la adecuación de la escala, la mezcla de productos, tecnología y equipo seleccionado, y el conocimiento adquirido por la empresa de explotación de las tecnologías básicas que se trate (que a su vez, afectara la eficiencia con que opera la instalación en el futuro) (Li, 2007).

Funciones de producción incluyen desde las competencias básicas como el control de calidad, operación y mantenimiento, hasta las más avanzadas, como la adaptación, mejora o equipamiento, a los más exigentes de la investigación, el diseño y la innovación (Ortega R., 2005) (Torres V., 2006). Estas funciones afectan tanto a las tecnologías de proceso y producto. Las técnicas aplicadas determinan no sólo lo bien que ciertas tecnologías se explotan y mejoran, pero también

cuán efectivos son los esfuerzos internos para absorber las tecnologías importadas o imitadas de otras empresas. Se desglosa en funciones relacionadas con: proceso, producto, producción o ingeniería industrial.

Funciones de soporte son las habilidades necesarias para transmitir o recibir información, conocimientos y tecnología, de patrocinadores y proveedores de materias primas, subcontratistas y clientes. Estas funciones, vínculos extra-mercado, son reconocidas en los países desarrollados por su importancia en la promoción del aumento de la productividad (Li, 2007). En el marco de estas funciones se desglosa gestión de las variables de vinculación externa o interna, transferencia de tecnología o modificación de equipos.

En resumen las empresas identifican las funciones tecnológicas que generan mayor valor agregado para el desarrollo del modelo de negocio, a partir de allí identifican las escalas de complejidad para el desarrollo de oportunidades en el mercado y lograr el uso innovador de cada función tecnológica; que se consolidan como las competencias tecnológicas, que son difíciles de consolidar y brindan ventaja.

La complejidad en el uso innovador de la tecnología se ha configurado de manera diferente en cada modelo obedeciendo a la estructura de valor agregado en cada organización y la cadena de aprendizaje que se presenta para cada tecnología.

La propuesta mexicana identifica un marco de análisis con el interés de construir capacidades tecnológicas en las empresas que se desarrollan alrededor del sector maquilador (Dutrenit, y otros, 2002) como se muestra en la Tabla 3-2, a partir de allí la matriz es muy genérica y permite aplicación a diferentes empresas. Se configura con funciones muy particulares tales como la "vinculación interna" y la "vinculación externa", que describen la complejidad administrativa y operacional que se desarrolla en la interacción entre la empresa matriz y la subsidiaria en maquiladoras, adicionalmente en el marco de estas funciones ponderan favorablemente la construcción de redes de suministros de bienes y servicios para las empresas maquiladoras desde el entorno local. Por otro lado la complejidad presenta cuatro niveles de análisis, uno operativo y tres innovadores, con lo cual la clasificación se consolida práctica para aplicar a diversas organizaciones.

Tabla 3-2. Componentes globales de la matriz de valoración de capacidades tecnológicas aplicada al sector maquilador exportador

Niveles de profundidad	Funciones técnicas de Inversión		Funciones técnicas de Producción		Funciones técnicas de Soporte		
	Diseño y control sobre la planta	Seguimiento y ejecución de proyectos	Centradas en procesos y organización de producción	Centradas en producción	Vinculación externa	Vinculación interna	Modificación de equipos
Capacidades operativas básicas							
Capacidades innovativas básicas							
Capacidades innovativas intermedias							
Capacidades innovativas avanzadas							

Fuente: Adaptado de la matriz desarrollada por Dutrenit y otros (2002)

Por otro lado en la investigación aplicada al sector brasilero, se presentan mayores niveles de profundidad con lo cual brinda posibilidad para describir más detalladamente los avances en cada función tecnológica, sin embargo por la especificidad que se configura la articulación de una matriz inicial a otros sectores o empresas genera el requerimiento de avalar las características de cada nivel en las diversas funciones tecnológicas; consecuencia de lo anterior la configuración de la matriz de capacidades tecnológicas desarrollada en este entorno es dinámica y particularizada a diferentes sectores de la economía como son: siderúrgicas, empresas informáticas, empresas productoras de maquinaria para la industria de la madera, empresas trasmisoras de energía eléctrica entre otras.

Tabla 3-3. Componentes globales de la matriz de valoración de capacidades tecnológicas aplicada al sector empresarial en Brasil

Niveles de profundidad	Funciones técnicas de Inversión		Funciones técnicas de Producción		Func. técnicas de soporte
	Diseño y control sobre la planta	Seguimiento y ejecución de proyectos	Centradas en procesos y organización de producción	Centradas en producción	Equipamiento
	RUTINA				
Básico					
Renovado					
	INNOVADORAS				
Extra básico					
Pre intermedio					
Intermedio					
Intermedio superior					
Avanzado					

Fuente: Adaptado de la matriz desarrollada por Figueiredo (2001 a)

Otra diferencia relevante entre las dos propuestas aplicadas en la región, se presenta con la clasificación del grado de complejidad en el uso de la tecnología en el que se configuran niveles de innovación, en algunas matrices surge en el tercer nivel de complejidad mientras que en otras surge en el cuarto y quinto nivel; no hay una regla general para clasificar las capacidades innovativas pero se puede inferir que la complejidad técnica de los productos obliga a que las capacidades innovativas se generen en niveles más avanzados, sin embargo esta conclusión surge de identificar las diferencias en matrices, en las cuales para la industria del acero (Cortes de C., 2002, pág. 52) y la empresa de transmisión de energía las capacidades innovativas surgen en el tercer nivel (Lemos R. & Figueiredo, 2006, pág. 33) , mientras que para la empresa productora de maquinaria para la industria de la madera (Tacla, 2002, pág. 9) y las empresas informáticas (Fonseca de A., 2007, pág. 39) estas capacidades surgen en el cuarto nivel de complejidad.

Esta diversidad en la configuración de las matrices permite inferir que su mecánica de aplicación requiere articulación técnica y administrativa para delimitar claramente las complejidades tecnológicas aplicables a cada tecnología, apalancado en la identificación del tipo de cambio técnico presente en la tecnología aplicada en la organización.

3.2 Índice de capacidades tecnológicas

Esta herramienta no plantea un avance tangencial sobre la dinámica de uso de la matriz de valoración de las capacidades tecnológicas tan solo articula una dinámica de aplicación de la herramienta en la cual pondera numéricamente el cumplimiento de los atributos de la matriz de capacidades tecnológicas (Tabla 3-4) (Sampedro H., 2003); a partir de lo anterior se puede articular dinámicas de medición gestionables a lo largo del tiempo o de comparación entre organizaciones sin identificar explícitamente las capacidades logradas lo que genera potencialidad para la masificación del ejercicio de medición de capacidades tecnológicas, sin necesariamente evidenciar las características de las ventajas competitivas entre las organizaciones.

Tabla 3-4. Índice de capacidades tecnológicas aplicada al sector maquilador exportador

Niveles de profundidad	Funciones técnicas de Inversión		Funciones técnicas de Producción		Funciones técnicas de Soporte			Total por nivel de acumulación
	Diseño y control sobre la planta	Seguimiento y ejecución de proyectos	Centradas en procesos y organización de producción	Centradas en producción	Vinculación externa	Vinculación interna	Modificación de equipos	
Capacidades operativas básicas	0.15	0.15	0.20	0.20	0.10	0.10	0.10	1
Capacidades innovativas básicas	0.30	0.30	0.40	0.40	0.20	0.20	0.20	2
Capacidades innovativas intermedias	0.45	0.45	0.60	0.60	0.30	0.30	0.30	3
Capacidades innovativas avanzadas	0.60	0.60	0.80	0.80	0.40	0.40	0.40	4

Fuente: Adaptado de la matriz desarrollada por Dutrenit y otros (2002)

De la Tabla 3-4 se observa una distribución diferencial al valor aportado por cada función tecnológica en los niveles de profundidad, esta ponderación obedece a reflexiones regionales respecto a las condiciones dadas por el manejo tecnológico en el marco del sector maquilador (Sampedro H., 2003), es de resaltar por tanto que la aplicación de esta herramienta en otro sector en diferente contexto debe requerir reflexión para poder ponderar adecuadamente el aporte de cada función tecnológica.

Tabla 3-5. Representación del índice de capacidades tecnológicas alcanzado por una organización

Niveles de profundidad	Funciones técnicas de Inversión		Funciones técnicas de Producción		Funciones técnicas de Soporte			Total por nivel de acumulación
	Diseño y control sobre la planta	Seguimiento y ejecución de proyectos	Centradas en procesos y organización de producción	Centradas en producción	Vinculación externa	Vinculación interna	Modificación de equipos	
Capacidades operativas básicas								
Capacidades innovativas básicas					0.20	0.20		
Capacidades innovativas intermedias	0.45	0.45		0.60				
Capacidades innovativas avanzadas			0.80				0.40	3.10

Fuente: (Sampedro H., 2003)

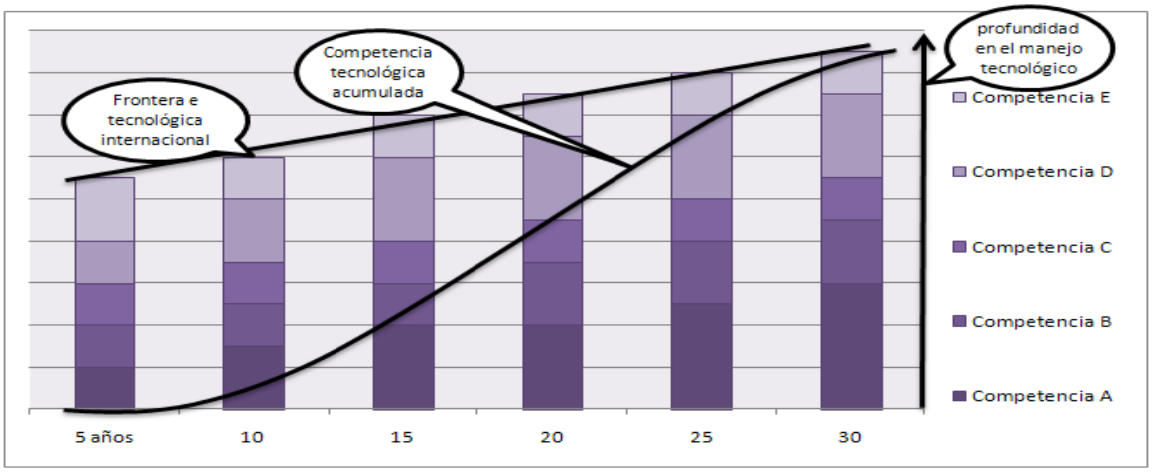
En la Tabla 3-5, se presenta el índice de capacidades tecnológicas alcanzado por una organización, como se puede observar la identificación de valores numéricos permite consolidar un nivel de 3.1 en el logro de la acumulación de las capacidades tecnológicas, al igual que la distribución de las

capacidades logradas indica que la organización alcanzo las capacidades innovativas básicas y esta avanzando fuertemente para lograr las capacidades innovativas intermedias. Otra utilidad de estos modelos de análisis es que permite evaluar los desempeños organizacionales a lo largo del tiempo o como consecuencia de alguna acción especifica para mejorar las capacidades tecnológicas.

3.3 Trayectoria de acumulación de competencias tecnológicas

La construcción de esta herramienta parte de identificar la demora que enfrenta la organización para consolidar cada una de las competencias tecnológicas en las diferentes funciones tecnológicas; adicionalmente se complementa con una proyección del crecimiento en las competencias tecnológicas del entorno internacional, que es lo que se observa en barras en la Figura 3-1; así el modelo de acumulación en las competencias tecnológicas de la organización debe ser superior al de los competidores internacionales para alcanzar sus niveles de desempeño.

Figura 3-1. Esquema de la trayectoria de acumulación de competencias tecnológicas en empresas de economías emergentes



Fuente: adaptado de Bell (2007)

Tiene falencias en la dificultad metodológica para determinar cuando se consolida cada uno de los niveles de competencia en las diferentes funciones tecnológicas, adicionalmente requiere la realización de una revisión histórica muy rigurosa de la organización y del entorno tecnológico. Su principal fortaleza se consolida en la posibilidad de extrapolar expectativas de desempeño para lograr acumular competencias tecnológicas y alcanzar desempeños tecnológicos de países desarrollados.

3.4 Evaluación de los procesos de aprendizaje en economías emergentes

Esta propuesta surge de manera complementaria a la valoración de la matriz de capacidades tecnológicas y lo que pretende es identificar la causalidad de los procesos de aprendizaje en la consolidación de las competencias tecnológicas en la organización. Los procesos de aprendizaje son categorizados según el origen si son internos o externos y según su forma de conversión del conocimiento en la organización: por socialización o codificación; estos procesos de aprendizaje son evaluados en cuatro dimensiones: variedad, intensidad, funcionamiento e interacción, para determinar si son factores relevantes en la consolidación de las competencias tecnológicas, una descripción global del modelo se plantea en la Tabla 3-6 (Figueiredo P. N., 2001 a).

Tabla 3-6. Componentes globales de la propuesta de evaluación de los procesos de aprendizaje en empresas de economías emergentes

Procesos de aprendizaje	***Características claves de los procesos de aprendizaje***			
	Variedad	***Intensidad***	***Funcionamiento***	***Interacción***
	Ausente - presente (limitada - moderado - Varios)	***Una vez - intermitente - continua***	***Pobre - moderada - buena - excelente***	***Baja - moderado - fuerte***
Procesos y mecanismos de adquisición de conocimientos				
Adquisición interna de conocimientos				
Adquisición de conocimientos externos				
Procesos y mecanismos de conversión del conocimiento				
La socialización del conocimiento				
La codificación del conocimiento				

Fuente: Adaptado del modelo propuesto por Figueiredo (2001 a)

La forma de aplicación de esta herramienta propone un método para categorizar la calidad del conocimiento adquirido en la organización en el marco de su utilidad para la consolidación de atributos tecnológicos. Es bastante riguroso para aplicar ya que requiere la descripción de los procesos de aprendizaje desarrollados a lo largo de la historia de la organización y su valoración objetiva respecto a los atributos propuestos.

Es muy pertinente de aplicar a las organizaciones de la actualidad ya que al estar inmersas en dinámicas de competitividad, son sometidas a ejercicios de aprendizaje que suelen perder el rumbo o la posibilidad de construir nuevas competencias en la organización. Adicionalmente es un vector de análisis de los factores para el logro de las capacidades tecnológicas en el que se valora el éxito en los esquemas de aprendizaje para el logro de alguna competencia tecnológica,

propuesta que se consolida como una herramienta de medición de la utilidad del aprendizaje para el crecimiento de la organización.

3.5 Reflexiones finales acerca de las herramientas descritas

La evolución de las herramientas de medición surge de la aplicación de los estudios de valoración de las capacidades tecnológicas a necesidades organizacionales, es por ello que se consolidan relevantes los planteamientos metodológicos, puesto que articulan las variables para generar conclusiones con impacto en los sectores objeto de estudio; de manera complementaria se puede concluir que los ejercicios de valoración de las capacidades tecnológicas brindan una herramienta de direccionamiento organizacional acerca de los caminos de crecimiento.

Por otro lado la aplicación de matriz de valoración de capacidades tecnológicas consolida resultados relevantes en la promoción de la modernización tecnológica en la sociedad; con lo cual se plantea como un medio para el logro de intereses estratégicos para la organización o para la sociedad, sin embargo en los casos de estudio investigados no se encontró descripción especifica de aplicación de esta potencialidad, tangencialmente se puede concluir impactos positivos para el desarrollo empresarial en México y Brasil.

Son comunes los estudios de caso en los cuales el ejercicio se propone para identificar en la organización el estado puntual de las capacidades tecnológicas, sin embargo hay modelos de análisis con mayor valor agregado en los cuales se busca identificar comparaciones bien sea entre: organizaciones competidoras (Figueiredo P. N., 2002), entre diferentes regiones (Ariffin & Figueiredo, 2006) o en la misma organización a lo largo del tiempo (Sampedro H., 2003). Con lo cual se consolidan conclusiones sobre actividades adecuadas, aprovechamiento de sinergias o desempeños tecnológicos globales de la organización.

La valoración se consolida con ejercicios de recolección de información primaria, a través de entrevistas y revisión de registros, o secundaria con la revisión de informes o ensayos surgidos en diferentes fuentes de información; con lo cual la consolidación de esta valoración es un ejercicio de construcción de conocimiento respecto a la evolución tecnológica de la organización, sus dinámicas de aprendizaje y análisis de la estructura de toma de decisiones en la organización para determinar las rutinas de construcción de acumulación de competencias tecnológicas.

4 Propuesta de valoración de capacidades tecnológicas

El Instituto Nacional de Cancerología E.S.E. (INC) en su visión estratégica para el manejo adecuado del cáncer en el país proyecto la implementación del servicio Radiofarmacia para disminuir los costos de los servicios diagnósticos y terapéuticos ofrecidos a algunos de sus pacientes. El objetivo global fue mejorar la relación costo efectividad de los tratamientos con la producción nacional de radiofármacos que inicialmente eran importados para cumplir los requerimientos de las técnicas de medicina nuclear.

La primera radiofarmacia centralizada en el país se encontraba en el Instituto de Asuntos Nucleares, al desaparecer este instituto fueron reasignadas sus funciones a otros ministerios y con esta decisión la única radiofarmacia centralizada del país dejó de funcionar. Esta oportunidad fue aprovechada por el sector privado y todos los radiofármacos producidos antes en Colombia empezaron a ser importados. Esta medida incrementó los costos de funcionamiento de la medicina nuclear en el país y dejó totalmente olvidada la práctica de la radiofarmacia dentro del conocimiento de los químicos farmacéuticos. La investigación de nuevas moléculas para diagnóstico y tratamiento quedó por fuera del las posibilidades de uso de los médicos nucleares colombianos (Instituto Nacional de Cancerología E.S.E., 2007).

A partir de lo anterior la organización inicio la dotación de tecnología para iniciar procesos de adecuación de radiofármacos y proyecta en un corto plazo implementar la producción total con una nueva tecnología; a partir de lo anterior se observa relevante identificar el estado de competencias tecnológicas construidas en la organización para valorar las capacidades tecnológicas disponibles; poder estimar caminos de consolidación de competencias para el logro de capacidades tecnológicas de orden superior y racionalizar las decisiones de crecimiento organizacional entre los actores, usuarios y promotores de las tecnologías.

Para lograr el objetivo anterior en el presente capítulo se presentara la propuesta metodológica de valoración de las capacidades tecnológicas, para continuar con la aplicación de las respectivas herramientas y finalizar con las reflexiones acerca de la utilidad de las herramientas para generar conclusiones para la toma de decisiones en la variable tecnológica de la organización.

4.1 Metodología de valoración de capacidades y competencias tecnológicas en la radiofarmacia

Para evaluar en la radiofarmacia del INC el estado de consolidación de capacidades tecnológicas, es relevante identificar las características de evolución de la tecnología disponible, con lo cual se explica la forma de apropiación social de la tecnología y la conducta de los diferentes actores respecto al mercado, la forma de atenderlo, esto se consolida en la delimitación del sector de estudio.

Adicionalmente la posibilidad de la organización para desarrollar capacidades tecnológicas complejas obedece directamente a la disponibilidad tecnológica presente en sus procesos productivos, por lo tanto es relevante identificar que tipo de cambio tecnológico ofrecen las tecnologías disponibles, evaluadas en los eventos coyunturales de la radiofarmacia, que son: la consolidación de la primera radiofarmacia y la dotación de una tecnología de producción diferente. Este análisis es relevante para describir la dimensión de cambio en el manejo tecnológico que enfrenta la organización, adicionalmente sustenta las razones más importantes para la apropiación de capacidades tecnológicas complejas, al igual que permite inferir los límites de crecimiento tecnológico.

La aplicación de la matriz de valoración de capacidades tecnológicas esta sujeta a la selección de la matriz entre los diferentes modelos planteados, tanto a nivel mundial como los desarrollados por los actores latinoamericanos. En la medida que las matrices desarrolladas para contextos latinoamericanos son muy especificas para las condiciones socio-económicas de cada país, México con las maquiladoras y Brasil con la transferencia de tecnología, se definió oportuno aplicar la matriz desarrollada por Bell y Pavitt (1995) adaptada a las condiciones del entorno local y tecnológico, reforzado por la complejidad técnica para generar productos para uso médico. Igualmente se define explorar la valoración de las capacidades tecnológicas presentes en la

organización, sin avanzar en factores complementarios tales como la velocidad de consolidación de las mismas o el impacto de las actividades de aprendizaje para su consolidación entre otras.

El enfoque de documentación e identificación de los factores valorados en la organización, requiere la consulta de información primaria y secundaria; en el marco de la radiofarmacia del INC la información primaria se obtuvo de la entrevista con los actores del grupo de trabajo, conformado por profesionales de las ramas: ingeniería mecánica, química farmacéutica, medicina nuclear y física médica; perfiles profesionales de alta complejidad que han realizado entrenamientos especializados y visitas científicas a centros de referencia mundial para consolidar un centro de servicios con las mas altos estándares. Por otro lado la información secundaria se consolidó con la documentación técnica de los proyectos ejecutados para la implementación de los diversos componentes. En el grupo se desarrolló la socialización de las herramientas, definición de las expectativas de conocimiento a producir, el ajuste de las herramientas a las condiciones del entorno productivo nacional, evaluación de la organización y presentación de resultados.

Finalmente se presentan las conclusiones respecto a las capacidades y competencias tecnológicas adquiridas en la organización, los riesgos y las posibilidades de profundización de las mismas en la organización.

A continuación se presenta la valoración de las capacidades tecnológicas en la radiofarmacia del INC, que se desarrollara en los siguientes aspectos:

- Delimitación del sector de estudio.
- Valoración del cambio tecnológico en los eventos coyunturales de implementación de tecnologías.
- Valoración de capacidades tecnológicas en la organización.
- Generación de conclusiones respecto a la consolidación de capacidades tecnológicas.

4.1.1 **Delimitar el sector de estudio**

La producción de radiofármacos se ha consolidado como un campo dependiente de los servicios de medicina nuclear, en razón a que la utilidad de sus productos son aplicables con la complejidad conceptual de la medicina nuclear, en la cual el radiofármaco es una sustancia química que posee

átomos radioactivos dentro de su estructura y es apropiado para la administración a humanos, está formulado en varias formas químicas y físicas para depositar su radioactividad en partes específicas del organismo con fines diagnóstico o en el tratamiento de enfermedades. La mecánica para el diagnóstico se logra con la radiación gama3 que emiten estas moléculas, la cual penetra los tejidos y escapa del cuerpo permitiendo así la detección externa y su medida (Henderson, 2002).

Los radiofármacos generalmente poseen dos partes: un radionúclido4 y un componente orgánico o inorgánico que influye sobre la distribución biológica del radionúclido (Henderson, 2002). Los radionúclidos utilizados para diagnóstico en medicina nuclear se eligen por su capacidad para brindar información clínica útil con mínima exposición del paciente a la radiación.

Los radionúclidos que se utilizan en medicina nuclear diagnóstica, cumplen normalmente con los siguientes requisitos:

1. Poseen una vida media[5] relativamente corta pero lo suficientemente larga como para abarcar la duración de la investigación clínica; decaen a un nucleído hijo estable;
2. No poseen emisión alfa, idealmente sin emisión beta y con emisión mono energética de rayos gama;
3. Emiten radiación gama de energía lo suficientemente alta como para ser detectada fuera del paciente;
4. No emiten radiación gama a una energía muy elevada, lo que ocasionaría una detección ineficiente;
5. Se encuentran en un actividad específica lo más alta posible, para evitar cualquier efecto tóxico en el paciente;
6. Poseen propiedades químicas que permiten manipularlos en la forma molecular requerida para obtener la especificidad[6] deseada en el tejido y mostrar la biodistribución clínica requerida.

[3] La **radiación gamma** o **rayos gamma** (γ) es un tipo de radiación electromagnética, y por tanto formada por fotones, producida generalmente por elementos radioactivos o procesos subatómicos como la aniquilación de un par positrón-electrón (Henderson, 2002).
[4] Forma inestable de un elemento que libera radiación a medida que se descompone y se vuelve más estable. Los radionúclidos se pueden presentar en la naturaleza o producir en el laboratorio. En el campo de la medicina, se usan en las pruebas de imaginología y para tratamiento. También se llama radioisótopo. (Instituto Nacional del Cáncer, 2010)
[5] La vida media (t1/2) de un núcleo es el tiempo que le lleva decaer a la mitad de los núcleos activos. Por tanto, si se conoce la vida media de un radionúclido y también la actividad en un momento determinado, puede calcularse la actividad en un momento anterior o posterior mediante el uso de la ecuación expresada arriba.

Los radionúclidos usados en medicina nuclear son producto de la actividad del hombre, mediante el uso de un reactor o de un ciclotrón (Henderson, 2002). En un reactor, se bombardea un blanco con neutrones para producir un radionúclido cuyos núcleos contengan exceso de neutrones. La mayoría de los radionúclidos producidos por reactor emite radiación beta7 a medida que decaen espontáneamente. En un ciclotrón, se bombardea un blanco con partículas cargadas (protones) para producir un radionúclido cuyos núcleos sean pobres en neutrones. La mayoría de los radionúclidos producidos por un ciclotrón emite positrones o captura un electrón orbital a medida que decaen espontáneamente; los radionúclidos usados en la tomografía por emisión de positrones (PET) se producen en un ciclotrón (Malik J, 2006).

El proceso de fabricación de un radiofármaco incluye actividades en los siguientes lugares (Henderson, 2002): en el reactor nuclear o el ciclotrón, en las instalaciones del fabricante y en el laboratorio caliente8. En el reactor nuclear o el ciclotrón se realiza (1) la extracción del radionúclido del material blanco bombardeado, posteriormente (2) la purificación para eliminar impurezas químicas y radionúclidas; en las instalaciones del fabricante se realiza (3) la conversión química del radionúclido en una forma biológicamente específica y (4) el agregado de sustancias para hacer que la preparación sea adecuada para su administración a humanos; y (5)finalmente en el laboratorio caliente se realiza el marcado y (6) distribución de dosis para pacientes y el control de calidad del producto final, antes de administrarse a pacientes.

A nivel nacional el desarrollo de los radiofármacos se ha enfrentado a problemáticas logísticas para su aplicación, por la imposibilidad de contar con reactores nucleares o ciclotrones en el país, la única forma práctica de obtener radionúclidos de vida media corta es por medio del uso de un generador (Instituto Nacional de Cancerología E.S.E., 2007). Un generador es un sistema que posee un radionúclido padre de vida media larga que decae a un hijo de vida media corta, el cual se usa en la preparación del radiofármaco deseado (Henderson, 2002).

La radiofarmacia hospitalaria del INC esta proyectada para generar y fortalecer la investigación en oncología y medicina nuclear produciendo radiofármacos que incrementen la eficacia del diagnóstico, tratamiento y paliación del cáncer (Instituto Nacional de Cancerología E.S.E., 2007).

---

[6] La especificidad por el tejido es la capacidad de una sustancia de reconocer y fijarse a una molécula del receptor.

[7] La radiación Beta- consiste en la emisión espontánea de electrones por parte de un átomo

[8] Laboratorio caliente es el laboratorio que maneja sustancias radioactivas previamente a la aplicación al paciente están diseñados para optimizar el cuidado del paciente y reducir la exposición radioactiva de todo el personal de la sección (Henderson, Radiofarmacia – Parte 1).

Su producción en la mayoría de los casos debe ser realizada rápidamente, antes de la administración al paciente debido al corto tiempo de estabilidad del radio núcleo, lo cual limita su producción a nivel industrial, además tiene como objetivo transversal centralizar el manejo de fuentes abiertas de radiación asegurando la adecuada manipulación de material radioactivo en todas las etapas del proceso.

Por otro lado la radiofarmacia hospitalaria del INC, proyecta la implementación adicional de la producción de fármacos con ciclotrón para facilitar la implementación de la tecnología de diagnóstico con emisión de positrones, para potenciar la eficiencia de esta tecnología para el diagnóstico de pacientes con cáncer (Instituto Nacional de Cancerología E.S.E., 2007), y en el país presenta problemas de implementación por la falta de la producción del radionúclido en las escalas necesarias a la demanda del país.

4.1.2 **Valoración tecnológica en el INC a los radiofármacos producidos en reactor.**

Actualmente, esta es la única tecnología de producción disponible en el INC, la complejidad técnica de esta tecnología es muy alta por las limitaciones nacionales respecto a la no disponibilidad de reactores nucleares, ya que las condiciones logísticas obligan a que dicha tecnología no genere mucho valor agregado por los altos costos de intermediación en que se incurre en el tránsito de generadores, los altos riesgos de exposición radioactiva en el traslado de fuentes de radiación y la limitación de tiempo en la utilización de los productos generados.

La propuesta desarrollada por Bell y Pavitt (Bell & Pavitt, 1993), para identificar el tipo de cambio técnico que enfrentan las organizaciones, propone categorizar las empresas en atención al tipo de cambio tecnológico al que se enfrentan en sus respectivos modelos de negocio, esta propuesta es útil para identificar las posibilidades tecnológicas que dispone la organización. En el modelo de negocio desarrollado en el sector radiofarmacia proveniente de reactores para el país plantea que el tipo de cambio tecnológico que enfrenta es homologable a "empresa dominada por el proveedor", adicionalmente se identifica un avance hacia el desarrollo de moléculas aplicables en el entorno nacional lo que configura identificar una parte del negocio como "empresas basadas en el uso intensivo de información"; en la Tabla 4-1, se presenta la sustentación correspondiente.

Tabla 4-1. **C**ategoría de empresa según el tipo tecnología aplicable a la radiofarmacia del INC, radiofármacos producidos en reactores

Tipo de empresa	**Tipo del cambio tecnológico**	**Razones de justificación en la radiofarmacia proveniente de reactores del Instituto Nacional de Cancerología**
Empresas dominadas por el proveedor	El cambio tecnológico proviene casi exclusivamente de la adquisición de maquinaria, equipo y otros insumos, las opciones tecnológicas reflejan el costo de los factores, la acumulación se basa en las mejoras y los cambios en los métodos de producción e insumos.	La tecnología aplicada se consolida por la adquisición de insumos en forma de generador. Los costos reflejan actividades logísticas de importación del radionúclido y las respectivas necesidades técnicas para la operación local. Las mejoras de productividad se dan con el mayor rendimiento de productos por una adecuación más específica y por la planeación exitosa del mayor número de pacientes para aprovechar los insumos disponibles. El cambio técnico se da por la aplicación de otros insumos que brinden ventajas en los costos, menor exposición radiológica del paciente, o mayor efectividad en la función terapéutica o diagnóstica.
Empresas basadas en el uso intensivo de escalas	La capacidad de acumulación se logra mediante la construcción y operación de complejos sistemas de producción y/o productos, los procesos y productos tecnológicos se desarrollan de forma incremental basados en las experiencias de las anteriores operaciones.	Para la producción de radionúclidos por medio de reactor no se puede consolidar esta capacidad, en razón a que no se dispone de un reactor nuclear en el país.
Empresas basadas en el uso intensivo de la información.	Donde la acumulación se produce a través de la capacidad de almacenar, procesar y transferir información, donde las mejoras tienden a basarse en la experiencia a través de cambios graduales.	Las mejoras se consolidan con la implementación de nuevas moléculas radio marcadas, desarrolladas por fuera del país, y con la validación de los resultados obtenidos para las características nacionales.
Empresas basadas en uso de información científica	La acumulación de capacidades tecnológicas es a través de laboratorios de investigación y desarrollo de la empresa, depende en gran medida de los conocimientos, habilidades y técnicas de la investigación académica, donde hay transferencia internacional requiere la capacidad de realizar ingeniería inversa, que a su vez requiere actividades de investigación, desarrollo y diseño.	La radiofarmacia desarrolla esta capacidad a partir de la revisión bibliográfica y por los requerimientos específicos de los profesionales médicos nucleares, que se consolidan en proyectos de investigación para validar el desarrollo de estas nuevas técnicas a las necesidades nacionales.

Fuente. Adaptado de Bell y Pavitt (1993)

La revisión planteada permite identificar que en la organización se presentan dinámicas de trabajo con potencialidades tecnológicas de alto valor agregado ya que se consolidan algunos procesos productivos de "empresas basadas en el uso de información científica", una capacidad de difícil consolidación en el mercado local, pero para el INC por ser una institución dedicada a la investigación es congruente su desarrollo.

Existe una caracterización significativa de los procesos productivos en el marco de "empresas dominadas por el proveedor" en razón a que el insumo fundamental de operación se encuentra fuera del marco de gestión de la organización, en atención a lo anterior la organización limita su gestión respecto a la tecnología, lo que impacta en la oferta de bienes y servicios a la sociedad. En el caso de la radiofarmacia esta problemática es latente en la medida que la organización tiene que asumir los riesgos por demoras en el tránsito, cambios regulatorios, disponibilidad de los productos, a partir de lo cual asume los costos generados por los servicios que no se pueden prestar por estos inconvenientes.

4.1.3 **Valoración tecnológica del manejo de radiofármacos producidos en ciclotrón**

Actualmente esta tecnología esta en implementación en el INC, sin embargo el modelo de negocio que se puede desarrollar en el sector radiofarmacia basada en ciclotrón para el país plantea que el tipo de cambio tecnológico que ofrece es aplicable a "empresa basada en el uso intensivo de escalas"; un impacto significativo en las dinámicas de producción que se espera que impacte es la relación costo efectividad de los tratamientos contra el cáncer. Se planea un desarrollo posterior hacia el desarrollo de moléculas aplicables en el entorno nacional lo que configura desarrollar una parte del negocio como "empresas basadas en el uso intensivo de información"; en la Tabla 4-2, se presenta la sustentación correspondiente.

Tabla 4-2. **C**ategoría de empresa según el tipo de tecnología aplicable a la radiofarmacia del INC, radiofármacos producidos en reactor

Tipo de empresa	**Tipo del cambio tecnológico**	**Razones de justificación en la radiofarmacia del Instituto Nacional de Cancerología, radiofármacos producidos en reactor**
Empresas dominadas por el proveedor	El cambio tecnológico proviene casi exclusivamente de la adquisición de maquinaria, equipo y otros insumos, las opciones tecnológicas reflejan el costo de los factores, la acumulación se basa en las mejoras y los cambios en los métodos de producción e insumos.	
Empresas basadas en el uso intensivo de escalas	La capacidad de acumulación se logra mediante la construcción y operación de complejos sistemas de producción y/o productos, los procesos y productos tecnológicos se desarrollan de forma incremental basados en las experiencias de las anteriores operaciones.	La producción de radiofármacos en ciclotrón, se consolida como un sistema complejo de producción, en este sistema se requiere desarrollar conocimiento respecto a las condiciones de producción caracterizados al entorno local.
Empresas basadas en el uso intensivo de la información.	Donde la acumulación se produce a través de la capacidad de almacenar, procesar y transferir información, donde las mejoras tienden a basarse en la experiencia a través de cambios graduales.	Para la operación con ciclotrón genera posibilidades de acumular información respecto a la eficiencia en el manejo de recursos del equipo, con lo cual se consolidan variables de desempeño para generar el mayor rendimiento del equipo.
Empresas basadas en uso de información científica	La acumulación de capacidades tecnológicas es a través de laboratorios de investigación y desarrollo de la empresa, depende en gran medida de los conocimientos, habilidades y técnicas de la investigación académica, donde hay transferencia internacional requiere la capacidad de realizar ingeniería inversa, que a su vez requiere actividades de investigación, desarrollo y diseño.	La radiofarmacia desarrollará esta capacidad a partir de la revisión bibliográfica y por los requerimientos específicos de los profesionales médicos nucleares, que se consolidan en proyectos de investigación para validar el desarrollo de estas nuevas técnicas a las necesidades nacionales.

Fuente: Adaptado de Bell y Pavitt (1993)

Cabe resaltar que en esta matriz no se planteó la inclusión del ultimo nivel "Empresas proveedoras especializadas", en la medida que el objeto social del INC no plantea el desarrollo de equipos o componentes para la producción de alguna de las tecnologías utilizadas, por lo tanto no se consolidarán capacidades para configurar este tipo de empresa.

4.1.4 **Características de la matriz de valoración de capacidades tecnológicas.**

A partir de una revisión conceptual acerca de la complejidad administrativa, tecnológica y de relacionamiento con la cual se consolidó la radiofarmacia en el INC, se selecciona la matriz desarrollada por Bell y Pavvit en 1995, por ser aplicable a las dinámicas tecnológicas observadas en la organización, además para iniciar un ejercicio de valoración de capacidades tecnológicas la valoración con la herramienta con menores niveles de profundidad brinda facilidad de aplicación.

En la matriz propuesta hay cuatro niveles de capacidades tecnológicas: un nivel de capacidad tecnológica de producción rutinaria, y tres niveles de capacidades tecnológicas innovadoras - básico, intermedio y avanzado. La capacidad operativa básica es la capacidad para producir bienes a determinados niveles de eficiencia y teniendo en cuenta los requisitos de entrada. Puede ser descrito como la tecnología que utilizan las habilidades y conocimientos. La capacidad tecnológica innovadora se define como la capacidad de cambiar o mejorar productos y procesos. Puede describirse como la capacidad de generación de cambios o la habilidad para cambiar tecnología (Bell & Pavitt, 1995).

En el nivel de capacidad operativa básica, la radiofarmacia tiene la capacidad de asimilar la tecnología, y replicar las metodologías de producción básicas. A nivel de la capacidad de innovación básica, la radiofarmacia tiene la capacidad de hacer cambios incrementales de proceso para mejorar la calidad. A nivel de la capacidad de innovación intermedia, la radiofarmacia tiene habilidades plenas de producción y la capacidad de innovación de procesos y diseño de productos. A nivel de la capacidad de innovación avanzada, la radiofarmacia lleva a cabo su propia investigación y desarrollo de productos y procesos (vinculados a las necesidades del mercado), y pueden establecer las capacidades de innovación de productos por su cuenta.

La matriz diferencia las funciones técnicas en las que se desarrollan las capacidades tecnológicas. Hay tres funciones técnicas que se aplican a los productos manufacturados: (i) funciones de inversión: incluye la toma de decisiones de control, preparación de proyectos y ejecución de grandes proyectos de inversión, o proyectos de mejora, (ii) las funciones de producción: se refiere a la generación y gestión del cambio técnico en los procesos, productos y organización de la producción, y (iii) las funciones de apoyo: que consiste en el desarrollo de vínculos e interacciones de la actividad innovadora.

Tabla 4-3. Matriz de capacidades tecnológicas aplicable a la **radiofarmacia en el INC.**

	Funciones Técnicas Primarias				**Función Técnica de Soporte**
Niveles de Capacidades	**Inversión**		**Producción**		**Desarrollo de vinculación**
	Toma de decisiones y control	**Preparación y ejecución de proyectos**	**Centrada en los procesos y en la organización de la producción**	**Centrada en el producto**	**Vinculación externa**
Capacidades de producción rutinarias: capacidades para usar y operar la tecnología existente					
Capacidades operativas básicas	Estimación de inversiones	Planeación de proyectos de desarrollo. Acondicionamiento del terreno a las condiciones especificas de la planta. Construcción de la infraestructura básica.	Operación rutinaria y mantenimiento básico de instalaciones. Mejora de la eficiencia a partir de la experiencia en tareas existentes.	Copia de especificidades y diseños fijos Control de calidad rutinario para mantener los estándares y las especificaciones.	Búsqueda de insumos disponibles de proveedores. Venta de productos existentes a clientes nuevos y existentes.
Capacidades tecnológicas innovativas: capacidades para generar y administrar el cambio técnico					
Capacidades innovativas básicas	Supervisión activa y control de: estudios de factibilidad, selección de tecnología/proveedores, programación de actividades	Estudios de factibilidad. Búsqueda de equipo estándar. Ingeniería básica.	Implantación del sistema de calidad, ISO-9001:2000. Mejora del layout. Adaptaciones menores	Calificación de proveedor confiable expedida por ente regulador. Adaptaciones Menores a las necesidades del mercado.	Búsqueda y absorción de información nueva de proveedores, clientes e instituciones locales. Vinculo con instituciones educativas para reclutar personal
Capacidades innovativas intermedias	Actividades de vigilancia tecnológica. Negociación con proveedores, nacionales e internacionales. Administración del proyecto completo.	Ingeniería de detalle. Adquisición de equipo. Administración y seguimiento de proyectos. Capacitación y reclutamiento. Puesta en marcha de la planta.	Mejora continua del proceso. Incremento de las capacidades de producción. Licenciamiento de nueva tecnología de proceso.	Licenciamiento de nueva tecnología de producto. Ingeniería de reversa. Diseño incremental de nuevos productos.	Contrato de Transferencia de Tecnología con proveedores especializados. Contrato de asistencia técnica y pruebas con proveedores especializados. Relación estrecha con proveedores especializados.
Capacidades innovativas avanzadas	Desarrollo de nuevos sistemas de producción y componentes.	Diseño e Implementación del proceso de producción original.	Innovación de proceso	Innovación de producto. Combinación de tecnologías.	Colaboración en desarrollos tecnológicos con proveedores, clientes y socios.

Fuente: Adaptado de (Dutrenit, y otros, 2002) y (Bell & Pavitt, 1995)

4.1.5 **Valoración de las capacidades tecnológicas logradas por la organización**

El objetivo es dimensionar las capacidades tecnológicas logradas en la organización, con el desarrollo de los diferentes proyectos gestionados al interior del INC, para consolidar las competencias tecnológicas en la operación de una radiofarmacia con la disponibilidad técnica aplicable al país.

Aunque es un poco falto de contexto evaluar el desarrollo de un portafolio de proyectos con un parámetro que no se usó para su creación, si presenta relevancia identificar que grado de profundidad se alcanza en el desarrollo de las funciones tecnológicas asociadas a la radiofarmacia, con la aplicación de la matriz de valoración de las capacidades tecnológicas. Por ello la evaluación propone definir que nivel de capacidad tecnológica se consolidó y la forma de apropiación por la organización.

La evaluación se desarrolló con información primaria y secundaria en el INC, para lo cual se tuvo acceso a información de procesos, planes de desarrollo, proyectos de inversión y planes de necesidades anuales desde los años 2006 hasta el año 2011. Adicionalmente se realizaron entrevistas con los gestores de los proyectos relacionados con la dotación de la radiofarmacia y los profesionales que laboran en esta dependencia, personal con altos niveles de entrenamiento respecto a las tecnologías en uso y por implementar. La organización desarrollo la implementación de la nueva tecnología con el proyecto "Implementación De Un Centro De Servicios PET Ciclotrón" vigente desde los años 2006 hasta el año 2010; que se complemento con el proyecto "Centro de Excelencia en Medicina Nuclear Molecular" vigente desde 2009 hasta 2011.

La validación de los requerimientos se realizó sobre la encuesta directa a los funcionarios y la documentación suministrada respecto al cumplimiento de los requerimientos planteados en la matriz. Por ejemplo: requerimiento "Estimación de inversiones", pregunta realizada ¿En que forma se hace la estimación de inversiones?, para lo cual se obtuvo respuesta de la Oficina Asesora De Planeación respecto a la ejecución del proceso de planeación de proyectos, en cada respuesta se identificaron registros que validan la información recibida. Posteriormente esta información es adaptada para interpretar el cumplimiento del requerimiento planteado sin registrar puntualmente los soportes del mismo, para evitar riesgos sobre la propiedad intelectual y ventaja competitiva de la organización.

4.2 Niveles alcanzados en el manejo de radiofármacos

A partir de la información recopilada se valoró el cumplimiento de los requisitos planteados en la matriz de valoración de capacidades tecnológicas desarrollada por Bell y Pavit, para cada función tecnológica, dicha valoración se presenta en la Tabla 4-4 a continuación.

Tabla 4-4. Niveles de capacidades tecnológicas alcanzados por la radiofarmacia del INC.

	Funciones Técnicas Primarias				**Función Técnica de Soporte**
Niveles de Capacidades	**Inversión**		**Producción**		**Desarrollo de vinculación**
	Toma de decisiones y control	**Preparación y ejecución de proyectos**	**Centrada en los procesos y en la organización de la producción**	**Centrada en el producto**	**Vinculación externa**
Capacidades de producción rutinarias: capacidades para usar y operar la tecnología existente					
Capacidades operativas básicas	Estimación de inversiones: Se cuenta con claridad administrativa para dimensionar el volumen de recursos requeridos para la consolidación de proyectos de inversión.	Planeación de proyectos de desarrollo: Se logro evidenciar con la proyección de la implementación de la producción de radionúclidos con ciclotrón Acondicionamiento del terreno a las condiciones especificas de la planta: esta competencia se desarrolla desde el grupo Ingeniería del INC. Construcción de la infraestructura básica: esta competencia se desarrolla desde el INC, aunque gestionando la contratación de la obra civil con constructores locales	Operación rutinaria y mantenimiento básico de instalaciones: esta competencia se desarrolla desde el grupo Mantenimiento del INC. Mejora de la eficiencia a partir de la experiencia en tareas existentes: con la aplicación de los conocimientos compartidos en congresos internacionales en la materia; las variables de gestión a mejorar son la eficiencia, disminuir la radiación al paciente y al fabricante.	Copia de especificidad es y diseños fijos: a pesar que los productos son muy específicos esta competencia se consolida con la revisión bibliográfica de las publicaciones indexadas y con las visitas a otros centros similares patrocinados por las OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica) Control de calidad rutinario para mantener los estándares y las especificaciones: se establecen rutinas debidamente documentadas y estandarizadas en el sistema de información y administración de procesos del INC (SIAPINC).	Búsqueda de insumos disponibles de proveedores: Esta competencia es desarrollada al interior del INC para la operación con generadores, sin embargo para la producción de radionúclidos con ciclotrón se esta consolidando esta competencia. Venta de productos existentes a clientes nuevos y existentes: esta competencia se desarrolla en la venta a los pacientes manejados en el INC, esta en proceso de implementación las rutinas de venta a usuarios externos al INC.
Capacidades tecnológicas innovativas: capacidades para generar y administrar el cambio técnico					
Capacidades innovativas básicas	Supervisión activa y control de: estudios de factibilidad,	Estudios de factibilidad. Búsqueda de equipo	Implantación del sistema de calidad, ISO-9001:2008.	Calificación de proveedor confiable expedida por ente regulador.	Búsqueda y absorción de información nueva de proveedores,

	Funciones Técnicas Primarias				**Función Técnica de Soporte**
Niveles de Capacidades	**Inversión**		**Producción**		**Desarrollo de vinculación**
	Toma de decisiones y control	**Preparación y ejecución de proyectos**	**Centrada en los procesos y en la organización de la producción**	**Centrada en el producto**	**Vinculación externa**
	selección de tecnología/proveedores, programación de actividades Esta competencia se desarrolló con la ampliación de las técnicas usadas en la radiofarmacia, y con la selección del ciclotrón para producción de radionúclidos.	estándar. Ingeniería básica. Se desarrollo para la implementación de la producción de radionúclidos con ciclotrón: en la cual se realizó el estudio de factibilidad de la aplicación de esta técnica en el país; se proyectó estudios de ingeniería para determinar el método de producción.	Mejora de la disposición de la fábrica. Adaptaciones menores. Esta competencia se consolida en el INC, con el logro de la certificación ISO 9001.2008, sin embargo el enfoque de calidad de referencia a cumplir es del OIEA. La distribución de los componentes de la producción se adecua y distribuye para mejorar en cuanto a eficiencia de producción y menor exposición radioactiva.	Adaptaciones menores a las necesidades del mercado. Esta competencia se cumple con el cumplimiento de los requisitos del INVIMA respecto a la producción de medicamentos y de INGEOMINAS respecto al riesgo por exposición radioactiva de los productos. Las adaptaciones menores se consolidan cuando por necesidades del proceso diagnóstico se requiere variación de alguna característica de los productos originales	clientes e instituciones locales. Vinculo con instituciones educativas para reclutar personal. Esta competencia se desarrolla desde la misión institucional del INC, en la cual se consolidan labores de docencia para profesionales del sector farmacéutico. Al igual que con la interacción con proveedores nacionales e internacionales se logra acceder a nuevas configuraciones de los insumos o a desarrollos específicos para alguna necesidad del mercado.
Capacidades innovativas intermedias	Actividades de vigilancia tecnológica. Negociación con proveedores, nacionales e internacionales. Administración del proyecto completo. La selección del equipo productor de radionúclidos por ciclotrón se realizo con selección multicriterio aunque el ejercicio no se sustento en una metodología	Ingeniería de detalle. Adquisición de equipo. Administración y seguimiento de proyectos. Capacitación y reclutamiento. Puesta en marcha de la planta. La ingeniería de detalle se aplica, en la adquisición de los componentes del proyecto que se desarrollo con recursos de cuatro vigencias anuales. Se realizo seguimiento a la ejecución del	Mejora continua del proceso. Incremento de las competencias de producción. Licenciamiento de nueva tecnología de proceso. La mejora del proceso se da con las adaptaciones constantes para ofrecer mejores productos respecto a rendimiento, exposición al paciente y especificidad de los resultados.	Licenciamiento de nueva tecnología de producto. Ingeniería de reversa. Diseño incremental de nuevos productos. Esta competencia se consolidará con la aprobación por INVIMA e INGEOMINAS de la producción de radionúclidos con el ciclotrón. La aplicación de la ingeniería de reversa y el diseño	Contrato de Transferencia de Tecnología con proveedores especializados. Contrato de asistencia técnica y pruebas con proveedores especializados. Relación estrecha con proveedores especializados. Esta competencia se desarrolla, en la obtención de equipos y tecnología con apoyo del OIEA. La contratación de

	Funciones Técnicas Primarias				**Función Técnica de Soporte**
Niveles de Capacidades	**Inversión**		**Producción**		**Desarrollo de vinculación**
	Toma de decisiones y control	**Preparación y ejecución de proyectos**	**Centrada en los procesos y en la organización de la producción**	**Centrada en el producto**	**Vinculación externa**
	de vigilancia tecnológica si consolidó algunos criterios de este ejercicio. La negociación se realizó, directamente con los proveedores internacionales. El proyecto de instalación de equipos de alta complejidad se gestiona con el tipo de contratación "llave en mano". La administración del proyecto, se da desde el INC, ya que proyecta todos los recursos de la tecnología nueva en los planes de desarrollo que son avalados por la nación.	proyecto. La capacitación y reclutamiento se desarrollo con apoyo del OIEA, entidad que promovió las visitas y prácticas en centros de que manejan la tecnología.	El aumento de las competencias de producción se logra con la posibilidad de desarrollo de nuevos radiofármacos. El licenciamiento de nueva tecnología se consolidará con la operación del ciclotrón.	incremental, se realiza cuando se verifica en la producción científica en medicina nuclear, posibles aplicaciones de nuevos radiofármacos componentes activos y forma de reacción de los mismos.	asistencia técnica y pruebas se garantiza con el tipo de contratación de llave en mano, que adicionalmente cuenta con garantía de un año en operación. La relación estrecha con los proveedores se consolida en la medida que ellos promueven la venta de equipos médicos con la garantía de oferta permanente del FDG producido en el ciclotrón. Adicionalmente la vinculación institucional con el proveedor de tecnología es muy recurrente por el gran portafolio de tecnologías adquiridas en la institución.
Capacidades innovativas avanzadas	Desarrollo de nuevos sistemas de producción y componentes. Esta competencia no se puede desarrollar en el INC, por que no es parte de su objeto social	Diseño e Implementación del proceso de producción original. Esta competencia se puede desarrollar para la producción de radionúclidos desde el ciclotrón, mientras que para la producción con reactor nuclear no por la falta de la tecnología.	Innovación de Proceso Esta competencia se puede desarrollar en el INC para la tecnología ciclotrón, por la disponibilidad del equipo.	Innovación de producto. Combinación De tecnologías. Esta competencia se puede desarrollar en la producción de radionúclidos para problemáticas diferentes al cáncer.	Colaboración en desarrollos tecnológicos con proveedores, clientes y socios.

Fuente. Adaptado de (Dutrenit, y otros, 2002) y (Bell & Pavitt, 1995)

A manera de conclusión se puede evidenciar que la organización consolidó la mayoría de capacidades tecnológicas con la implementación de la radiofarmacia, basados principalmente en la

complejidad técnica requerida para el desarrollo de esta tecnología.. Es de resaltar que la variedad de técnicas requeridas para la implementación de la tecnología obligó a la organización a diversificar sus fuentes de asesoría y aprovisionamiento de la tecnología, para lo cual se logro gestionar apoyo internacional del Organismo Internacional De Energía Atómica (OIEA), los proveedores internacionales de esta tecnología, organismos nacionales encargados de promover el uso de la energía atómica con fines pacíficos y expertos externos al INC.

Sin embargo se observa particularidades propias de la complejidad administrativa de una entidad estatal, tales como la limitación en el desarrollo de capacidades innovadoras avanzadas por las restricciones que impone el objeto social a la organización en lograr la competencia para "Desarrollo de nuevos sistemas de producción y componentes", adicionalmente el desarrollo de esta competencia requiere de inversiones elevadas en investigación y desarrollo, que serán difíciles de rentabilizar en el entorno del INC, por lo cual tampoco se observa relevante desarrollar estas competencias en la organización.

Existen competencias que solo fueron desarrolladas en la organización con la implementación de la nueva tecnología (radiofármacos con ciclotrón), por lo cual podemos concluir que existen una relación directa en la construcción de capacidades tecnológicas de alta complejidad con la disponibilidad tecnológica en la organización, ya que al manejar procesos que tecnológicamente son regidos por el proveedor (tales como la producción de radiofármacos por reactor nuclear) las oportunidades de creación son muy limitadas en el ámbito tecnológico, adicionalmente que las modificaciones tecnológicas generan la mayor rentabilidad al proveedor de la tecnología.

4.2.1 **Análisis de la valoración de capacidades tecnológicas**

Aplicando la matriz de capacidades tecnológicas, se encuentra que el servicio radiofarmacia del INC, ha consolidado actividades para la acumulación de competencias tecnológicas en las funciones evaluadas hasta lograr capacidades innovativas intermedias, sin embargo por lineamientos institucionales no se desarrollará el nivel más avanzado de competencias para la función tecnológica "toma de decisiones y control".

Tabla 4-5. Resumen del nivel de capacidades tecnológicas alcanzados por la radiofarmacia del INC

	Funciones Técnicas Primarias				**Función Técnica de Soporte**
Niveles de Capacidades	**Inversión**		**Producción**		**Desarrollo de vinculación**
	Toma de decisiones y control	**Preparación y ejecución de proyectos**	**Centrada en los procesos y en la organización de la producción**	**Centrada en el producto**	**Vinculación externa**
Capacidades de producción rutinarias: capacidades para usar y operar la tecnología existente					
Capacidades operativas básicas	logrado	Logrado	Logrado	Logrado	Logrado Y en desarrollo para la producción de nucleídos con el ciclotrón.
Capacidades tecnológicas innovativas: capacidades para generar y administrar el cambio técnico					
Capacidades innovativas básicas	Logrado	Logrado	Logrado	Logrado	Logrado
Capacidades innovativas intermedias	Logrado	Logrado	Logrado	Logrado	Logrado
Capacidades innovativas avanzadas	No se desarrollará	Logrado para la producción de nucleídos por ciclotrón	Se desarrollara para la producción de nucleídos por ciclotrón	Se desarrollara para la producción de nucleídos por ciclotrón	Se desarrollara para la producción de nucleídos por ciclotrón

Fuente: Adaptado de (Dutrenit, y otros, 2002) y (Bell & Pavitt, 1995)

De la Tabla 4-5 se puede concluir que el desarrollo de las competencias en la radiofarmacia evidencia apropiación en la organización de la complejidad de técnicas requeridas para la adecuada implementación de una nueva tecnología en el contexto nacional; lo que se sustenta con el avance positivo en el logro de la mayoría de competencias tecnológicas o el enfoque para lograrlas en un futuro. Las competencias en algunas funciones tecnológicas fueron logradas para una de las tecnologías (radiofármacos con generador), en atención a que el logro de la misma para la otra tecnología (radiofármacos con ciclotrón) replica las competencias ya desarrolladas se puede asumir como competencia adquirida.

Un riesgo de alto impacto es la falta de consolidación de competencias organizacionales, ya que en algunas funciones tecnológicas se observa una fuerte consolidación de competencias en el saber hacer de los funcionarios, entes externos que actúan como asesores o proveedores que consolidan conocimiento de alto valor para la organización; y que por ser sujetos enfrentados a las dinámicas de mercado pueden desmantelar estas competencias a la institución. En la Tabla 4-6 se propone una categorización de los actores que sustentan dichas competencias en la organización.

Tabla 4-6. Actores que apropian las capacidades tecnológicas alcanzadas por la radiofarmacia del INC

	Funciones Técnicas Primarias				**Función Técnica de Soporte**
Niveles de Capacidades	**Inversión**		**Producción**		**Desarrollo de vinculación**
	Toma de decisiones y control	**Preparación y ejecución de proyectos**	**Centrada en los procesos y en la organización de la producción**	**Centrada en el producto**	**Vinculación externa**
Capacidades de producción rutinarias: capacidades para usar y operar la tecnología existente					
Capacidades operativas básicas	Organizacional	Organizacional	Organizacional Personal	Organizacional	Organizacional
Capacidades tecnológicas innovativas: capacidades para generar y administrar el cambio técnico					
Capacidades innovativas básicas	Organizacional débil En proceso de consolidación a nivel organizacional	Organizacional	Organizacional	Organizacional débil Fuertemente Personal en especial actores que consolidan relación con los entes reguladores	Organizacional
Capacidades innovativas intermedias	Organizacional débil en factores de vigilancia tecnológica Fuertemente personal en actores externos a la organización	Organizacional	Organizacional débil	Organizacional débil Fuertemente Personal en especial actores que consolidan relación con los entes reguladores	Organizacional débil en los factores que se desarrolla. Existe ausencia de criterios organizacional para la transferencia de tecnología.
Capacidades innovativas avanzadas	No aplica				

Fuente. Adaptado de (Dutrenit, y otros, 2002) y (Bell & Pavitt, 1995)

Estas condiciones no son deseables en el desarrollo organizacional ya que las ventajas competitivas consolidadas en la organización y evidenciadas en la matriz de capacidades tecnológicas pueden ser fácilmente extraíbles de la organización, con lo cual se puede afectar uno de los principios rectores de las competencias centrales y es que sean de difícil imitación.

4.3 Perspectiva general de apropiación tecnológica en el INC.

La organización desarrollo un ejercicio de apropiación de conocimiento y adquisición de técnicas para el manejo de la radiofarmacia de alta complejidad, en el cual al cabo de cuatro años de actividades de implementación ha adquirido capacidades innovativas intermedias que le permiten estimar un adecuado crecimiento en las capacidades innovativas avanzadas pendientes por desarrollar.

Las herramientas de valoración de capacidades tecnológicas permiten adaptar la complejidad técnica del modelo de negocio planteado para la promoción y fabricación de radiofármacos en el país, pero su adecuado uso requiere un planteamiento metodológico solido para generar conclusiones con valor administrativo en la organización.

Es necesario articular la medición de otras variables de gestión tecnológica como la apropiación organizacional de las competencias adquiridas, en razón a que la alta movilidad laboral en el país y el auge de servicios de outsourcing técnico y administrativo consolida que algunas de estas competencias, que se usan puntualmente para algún proyecto de implementación sean difíciles de apropiar por la institución y se consoliden más fácilmente en grupos de asesores especializados, contratistas o proveedores.

La evaluación del logro de las capacidades tecnológicas requiere una visión holística a través de: dinámicas de conocimiento de la organización, el crecimiento tecnológico de la organización, el modelo de negocio en que se desarrolla cada empresa y la dimensión técnica de los profesionales que desempeñan sus funciones en la organización, entre otras variables de análisis tecnológico al interior de las organizaciones.

La aplicación o creación de herramientas la medición de la variable tecnológica esta sujeta al interés organizacional de estudio respecto a las variables tecnológicas. En el caso de la presente investigación, como la inquietud original era dimensionar las capacidades tecnológicas presentes en la radiofarmacia del INC, solo se recurrió a la herramienta matriz de capacidades tecnológicas. Para futuras reflexiones en la radiofarmacia se puede dimensionar la evaluación de los procesos de aprendizaje, y su impacto para la consolidación de las capacidades tecnológicas en la organización.

5 Conclusiones

En el marco de la revisión realizada al estado de avance del concepto capacidades y competencias tecnológicas, se puede concluir que existe brecha relevante en el desarrollo conceptual de la gestión de competencias y capacidades tecnológicas entre el país y los escenarios latinoamericano y mundial. Existe diferenciación en cuanto a los intereses de investigación por las condiciones de desarrollo presentes en los diversos escenarios, es así como para el escenario mundial en los países desarrollados, como la mayoría de empresas están en la frontera tecnológica el estudio de las capacidades tecnológicas se enfoca en su apoyo, comprensión, renovación y rutinización; mientras que para los países en vías de desarrollo el objetivo de los estudios de capacidades es la construcción y acumulación (Figueiredo P. N., 2001). Por otro lado para el escenario latinoamericano los estudios de capacidades tecnológicas se enfocan en su adquisición y acumulación, partiendo de las condiciones locales de desarrollo tecnológico, particularmente para México y Brasil se observa un interés en articular su condición como países receptores de inversión tecnológica por medio de la estrategia de maquila o la transferencia de tecnología. Mientras que el aporte local se enfoca en reflexiones del marco de las posibilidades que ofrecen las capacidades tecnológicas para la promoción del desarrollo, sin aplicación de alguna herramienta de valoración.

En el entorno local es común encontrar falencias en las decisiones de inversión o deficiencias estructurales para generar economías de escala que permitan absorber los altos costos de transferencia de tecnología (Jaramillo, H.; Lugones, G.; Salazar, M., 2001), lo que no permite generar sinergias de alto impacto en la configuración de avances tecnológicos, para lo cual las herramientas de valoración de las capacidades y competencias tecnológicas ofrecen metodologías útiles en el direccionamiento y la ejecución de inversión para la adquisición de recursos tecnológicos. Sin embargo la construcción de herramientas de valoración de capacidades y competencias tecnológicas requieren un adecuado marco de trabajo, bien sea de nivel micro o meso económico, que ofrezcan un apalancamiento útil para superar dichas restricciones.

A partir de lo anterior, la confiabilidad en el desarrollo de esta herramienta para solucionar falencias sociales en el desempeño tecnológico, surge de la posibilidad de encontrar su aplicación en las dinámicas empresariales presentes en nuestra sociedad; extendiendo la definición de dinámica empresarial a la estrategia de crecimiento y la forma de apropiación de conocimientos en la organización.

En las condiciones actuales de globalización, es relevante consolidar un compromiso con la mejor utilización de la tecnológica disponible para ofrecer a la sociedad la mayor posibilidad de valor agregado en los bienes y servicios (Betz, 2003); en atención a que esto construye capacidades en la sociedad respecto a la adecuada proyección tecnológica de sus organizaciones y confianza en los consumidores respecto a la oferta tecnológica de los bienes a los que tiene acceso.

Con el objetivo de consolidar ventaja competitiva sostenible la visión tecnológica debe estructurar modelos de trabajo de largo plazo, con una adecuada inclusión de herramientas para la gestión de variables tecnológicas en la organización, para construir medidas de valoración de las capacidades tecnológicas, acordes a los requerimientos tecnológicos de la organización; y desde este enfoque global de la tecnología consolidar ventajas competitivas de la organización en sus diferentes entornos.

5.1 Requerimientos para la Construcción de herramientas

La reflexión para la construcción de modelos de valoración de capacidades y competencias tecnológicas se consolida con la consulta directa a los expertos en el manejo tecnológico ubicados en la región; ya que es a partir de allí que se consolidan las adecuadas competencias tecnológicas aplicables; no es conducente aplicar principios desarrollados en países del mundo desarrollado en economías subdesarrolladas.

La construcción de las herramientas de valoración tecnológica surgió con el desarrollo de investigación estructurada para describir, el adecuado desempeño en la inserción tecnológica en diferentes organizaciones que estaban apropiando tecnología; sin embargo el estado del arte se ha

perfeccionado respecto a la identificación y selección de variables tecnológicas de gestión por los diferentes actores de la organización y en diferentes regiones. Por lo anterior es relevante identificar para nuestro entorno que variables tecnológicas o factores de gestión, son coyunturales para el desarrollo de las diferentes capacidades tecnológicas; para estructurar medidas de gestión de las diferentes variables y así consolidar capacidades en las organizaciones.

Respecto al estado de avance en el uso de las herramientas de valoración de capacidades y competencias tecnológicas, es relevante identificar que esta es un área de investigación dinámica, como respuesta lógica al desarrollo tecnológico en las diferentes regiones o países. Por lo tanto la construcción de la herramienta debe contar con lineamientos de aceptación política y regional, para lograr su adecuada y masiva implementación en las organizaciones, que permitan construir conocimiento respecto al adecuado desempeño tecnológico y a partir de allí estructurar acciones de orden estratégico para el crecimiento de las organizaciones. Las metodologías de valoración deben atender las dinámicas especiales de apropiación presentes en cada sociedad, es por ello que su enfoque debe ser adaptativo para describir la complejidad de acumulación de capacidades tecnológicas que surgen en las diversas organizaciones empresariales.

Complementariamente la valoración de las capacidades y competencias tecnológicas puede utilizarse para validar la gestión empresarial como se empezó a desarrollar en China (Li, 2007), sin embargo requiere mayor confianza institucional por parte de las organizaciones a nivel local ya que hasta el momento no se ha desarrollado una implementación de la herramienta en el país.

5.2 Requerimientos locales para la promoción de herramientas de valoración de capacidades y competencias tecnológicas

La principal barrera a la consolidación de la necesidad para el uso de la herramienta de valoración de las capacidades y competencias tecnológicas, esta relacionada con la carencia de visión estratégica del desarrollo tecnológico, se da por las externalidades en los procesos de transferencia de tecnología, en los que no se presenta interés en mejorar la productividad de los recursos disponibles, ya que el recurso humano es de bajo costo, (Cabanes, 1991), o existe carencia de competidores en el entorno; lo anterior genera zonas de confianza en el desempeño organizacional que impide directamente proyectar posibilidades de mejora en la productividad.

A partir de lo anterior se observa que los sectores de la economía que se encuentran en dinámicas de competencia fuerte, pueden ofrecer mayores posibilidades de apropiación de esta herramienta, sin embargo el riesgo de fracaso en su aplicación puede ser muy alto en la medida que las decisiones apresuradas pueden afectar la aplicación de la herramienta.

La visión política en la construcción de capacidades es un vector de alto impacto en la consolidación de modelos de gestión de las capacidades tecnológicas, de los aportes desarrollados en la región se observa que los caminos de desarrollo tecnológico definidos políticamente definen las rutinas de construcción y acumulación de capacidades tecnológicas. Por lo tanto es relevante que desde los enfoques rectores de la política se promocione el desarrollo tecnológico desde la consolidación de capacidades en los actores de la sociedad (empresa, sector educativo, etc) y desde allí se promuevan dinámicas de apoyo.

A. Anexo: Tendencias de Valoración de capacidades tecnológicas.

Este aparte pretende describir las líneas de evolución en las herramientas de valoración de las capacidades tecnológicas, enfocado al análisis micro (Zoltán, 1993) de la gestión tecnológica, en el cual se enmarcan las decisiones empresariales que engloban aspectos técnico-gerenciales relacionados con la selección, negociación, transferencia, adaptación, utilización y asimilación de una tecnología determinada; particularizado para economías emergentes o en proceso de desarrollo.

Es de resaltar la retroalimentación y el encadenamiento de los aportes de los diferentes investigadores, con especialización en la definición de criterios; muy útil para describir la evolución tecnológica en las complejidades sociales de las cuales surgen las diferentes propuestas.

1. Introducción

La valoración de capacidades tecnológicas presento una evolución significativa desde la década de 1970, época en la cual los componentes de valoración se constituyeron a partir de identificar la trayectoria seguida por los países que lograron el umbral de desarrollo luego de ser países en desarrollo; estableciendo como variables de estudio los criterios de elección de la trayectoria tecnológica a seguir, el coste, disponibilidad, facilidad de acceso y adquisición de tecnología (Lall & Teubal, 1998). Evolucionan posteriormente a lineamientos de valoración más amplios y dinámicos que permitan describir las complejidades presentadas en los cambios tecnológicos a lo largo de un periodo de tiempo; identificando la velocidad de estos cambios, los esfuerzos internos realizados por las empresas, las mejoras incrementales en los equipos y plantas, los procesos de aprendizaje, la transferencia de tecnología y los mecanismos de adquisición de conocimientos al interior de las organizaciones. (Figueiredo P. N., 2001)

Se identifican dos tendencias en la valoración de las capacidades tecnológicas. Una tendencia direccionada respecto al componente organizacional y humano de la capacidad, en la cual se mide las habilidades de la empresa para entender las acciones con respecto a la tecnología, su uso (operar, crear y adaptar) (Bell M. , 2007) y la configuración tecnológica lograda por las empresas para solucionar las necesidades de producción presentes en su entorno. La otra tendencia identifica la aproximación a alguna de las tres dimensiones de la capacidad tecnológica; identifica

los niveles en el uso creativo de la tecnología, el enfoque tecnológico o función tecnológica primordiales de la organización, y los estados de ejecución en los ciclos de vida de los proyectos productivos.

2. Estructuración Inicial De Criterios Para Valorar La Tecnología

En la década de los setenta Hayami y Ruttan desarrollaron un modelo de análisis de capacidades tecnológicas aplicables al sector de la agricultura (Tabla A-1), en el cual se categoriza la diferencia entre países importadores y productores de tecnología, con la identificación de las diferentes fases de la transferencia exitosa de tecnología (Hayami & Ruttan, 1971) (Bell M. , 2007).

Tabla A-1. Diferenciación de capacidades tecnológicas Hayami y Ruttan

Fases de la transferencia internacional tecnología	**Características del proceso de transferencia de tecnología**	**Actividades asociadas a la tecnología en los países en desarrollo**	**Niveles de la capacidad tecnológica**
Transferencia de material	Importación de tecnología en forma de nuevas semillas, plantas, los animales, máquinas y técnicas.	Las tecnologías importadas se utilizan y operan ***"La adaptación local no se llevó a cabo en forma ordenada ni de manera sistemática. "***	***Utilizando Tecnología***
Transferencia de diseño	Transferencia de los diseños (planos, fórmulas, libros, etc.) Las importaciones de vegetales materiales y equipos extranjeros se hacen con el fin de obtener el fitomejoramiento material o para copiar el diseño de equipos, más que por su uso en la producción directa.	Las nuevas plantas y los animales son sometidos a pruebas ordenadas y se propaga a través de multiplicación sistemática. Es iniciada la producción doméstica de las máquinas. ***" Esta fase suele corresponder a una etapa temprana de evolución de la financiación pública a la investigación agrícola en la que las etapas experimentales conducen, en primer lugar, a pruebas simples y demostraciones."***	***Probando y reproduciendo Tecnología***
Transferencia de capacidad	Transferencia de conocimientos científicos y la capacidad que permite la producción de localmente de tecnología adaptable, después de la "prototipo" tecnológico que existe en el extranjero.	***"Cada vez más variedades de plantas y animales son criados localmente para adaptarlos a las exigencias ecológicas locales. Los diseños de maquinaria importados se modifican a fin de satisfacer requerimientos climáticos y del suelo, y capacidad de adquisición de la economía".***	***Adaptación, modificación y mejoras menores***

Fuente: Bell (2007)

En la tabla Tabla A-1 se observa una determinación de capacidades tecnológicas respecto a la funcionalidad tecnológica lograda, y en razón a que se especifica las funciones en el campo agrícola es muy claro identificar el nivel de transferencia tecnológica lograda en la organización receptora de la tecnología.

Posteriormente Katz (1987), en el marco de dos proyectos de investigación desarrollados en América Latina y Asía un nuevo paradigma de desarrollo tecnológico, estructuró la potencialidad de las actividades innovadoras, de estos países, consideradas hasta ese momento insignificantes (Bell M. , 2006); pero con este aporte el desarrollo de capacidades fue visto simplemente como un cambio entre diferentes funciones (Bell M. , 2007). Su primera contribución, consistió en realizar un análisis del camino de evolución tecnológica en un periodo de tiempo, identificando además de las trayectorias trazadas por las empresas (incluyendo estancamientos y retrocesos), la velocidad de esta evolución (Figueiredo P. N., 2001b); también enfatizo en las diferentes áreas funcionales de la empresa y la construcción de capacidades en cada una de ellas y demostró que las funciones tecnológicas variaban en atención a los diferentes tipos de industria (Bell M. , 2007). La segunda contribución fue identificar las características de los procesos de aprendizaje, procesos de transferencia de tecnología y factores estimuladores o inhibidores de la innovación (Dutrenit G. , 2004).

De igual manera Katz (1987) determinó varias funciones tecnológicas como relevantes para el desarrollo de la empresa; así como la necesaria secuencia de construcción de capacidades en estas áreas funcionales. Las tres funciones definidas fueron: Diseño de producto y especificaciones, Ingeniería de procesos, e Ingeniera industrial (planeación de la producción).

De manera paralela en el tiempo Dahlman y Westphal en 1982 y Dahlman, Ross-Larsen y Westphal en 1987, propusieron un modelo cuyo énfasis estaba en el camino de la profundización de las capacidades tecnológicas para tres funciones a partir de las operaciones más básicas en las tecnologías existentes, hasta el desarrollo de las capacidades de innovación. Sin embargo, la idea de progreso en esta trayectoria fue visto como el paso de una etapa de capacidad a otra en las funciones: producción, inversión y innovación, sin profundizar en las diferencias dentro de cada etapa de la capacidad (Santos L., 2007).

En 2001 Amsden propone una perspectiva dinámica de evolución entre los diferentes niveles de cada capacidad tecnológica (estos tipos de capacidades pueden ser homologados con las funciones tecnológicas abordadas hasta el momento por los anteriores autores), como se presenta en la

Tabla 2-1. Tipos de capacidades tecnológicas Amsden 2001, construye la capacidad de innovación valorada desde el "desarrollo avanzado" hasta lograr la "ciencia pura", esta propuesta de análisis fue elaborado con referencia al camino seguido por las empresas en Singapur.

Tabla A-2. Tipos de capacidades tecnológicas.

Capacidad de innovación	**Capacidad de Ejecución de proyectos de inversión**	**Capacidad de producción**
Ciencia pura Investigación básica Investigación aplicada Investigación exploratoria Desarrollo avanzado	Entrenamiento personal Estudios de pre factibilidad de inversión Ejecución de proyectos - Administración de proyectos - Ingeniería de proyectos - Contratación, construcción, producción de maquinaria, levantamiento de planta - Inicio de operaciones.	Administración de producción Ingeniería de producción

Fuente: Amsden 2001

Se observa un encadenamiento relevante de esfuerzos para caracterizar el desarrollo tecnológico, identificando como fuente de análisis los caminos tecnológicos avanzados por los países en desarrollo para convertirse en países desarrollados, por otro lado hay reiteración en la identificación de las funciones tecnológicas relevantes para el desarrollo tecnológico; la problemática fundamental encontrada hasta estas etapas de la investigación es la dificultad de clasificar el desarrollo de una organización empresarial en cada una de las funciones tecnológicas, por lo limitado de los criterios mencionados.

3. Especialización en el desarrollo de los criterios.

Posteriormente Lall desarrollo dos trabajos en 1987 y 1992 en los cuales amplio los tipos de funciones tecnológicas y estructuró mejor la categorización de niveles en las mismas. En el primer trabajo Tabla A-3 diversificó en seis funciones incluyendo la función de transferencia de tecnología que se había contemplado para el sector agrícola en la década de los setenta; adicionalmente identificó los niveles de capacidad de cada función tecnológica para tres funciones (Preparación de proyectos, ingeniería de procesos e ingeniería de producto).

Tabla A-3. Funciones tecnológicas y niveles de las mismas.

Preparación de proyectos	**Ejecución de proyectos**	**Ingeniería de procesos**	**Ingeniería de producto**	**Ingeniería industrial**	**Transferencia de tecnología**
Identificación del proyecto adecuado Estudios de factibilidad Especificaciones de la escala de producción Negociación para transferencia de tecnología Preparación del sitio	No descrito	Depurar la nueva planta Balanceo de cargas para remover cuellos de botella Mejoramiento de equipo Mejoramiento de procesos Desarrollo formal de nuevos procesos	Asimilación de diseño de producto Adaptación de productos al mercado local Mejoramiento en diseño de producto Introducción de nuevos productos procedentes del propio desarrollo Investigación básica.	No descrito	No descrito

Fuente: Lall 1987

En el segundo modelo propuesto por Lall en 1992 (Tabla A-4), cambió la conceptualización de la función ingeniería de producto para identificarla como ingeniería de producción, adicionalmente categorizó los niveles de las capacidades en grados de complejidad, identificando los niveles básico, intermedio y avanzado, con lo cual estructuró criterios más reveladores de la evolución en la actividad tecnológica; sin embargo hay bastante ambigüedad en la definición de algunos grados de complejidad para la mayoría de funciones tecnológicas.

Tabla A-4. Funciones tecnológicas y Grados de complejidad de las mismas.

			Funciones					
			Inversión					
			Preparación de proyectos	**Ejecución de proyectos**	**Ingeniería de procesos**	**Ingeniería de producción**	**Ingeniería industrial**	**Transferencia de tecnología**
Grados de complejidad	Básico	Rutina Simple (basado en la experiencia)	Estudios de factibilidad y prefactibilidad Selección de sitio Programación de inversiones	No descrito	Depurar, Balancear, control de calidad, mantenimiento preventivo, asimilación de la tecnología de procesos	No descrito	No descrito	No descrito
	Intermedio	Duplicativo Adaptativo (basado en la búsqueda)	Investigación para el recurso tecnológico Negociación de contratos Regateo Sistemas de información	No descrito	Desplegar equipos Adaptación de procesos y ahorro de costos Licenciamiento de nueva tecnología	No descrito	No descrito	No descrito
	Avanzado	Riesgo innovativo (basado en la investigación)	No descrito	No descrito	innovación de procesos locales Investigación básica	Innovación de producción local Investigación básica	No descrito	No descrito

Fuente: Lall (1992)

Encadenado con la estructura desarrollada por Lall en 1992 (Tabla A-5. Capacidades tecnológicas Bell y Pavitt (1995)), los autores Bell y Pavitt (1995) proponen una estructura de análisis particular, en la cual caracterizan actividades primarias y actividades de soporte, en el marco de las actividades primarias categoriza subgrupos de de inversión y producción muy cercanos a las funciones abordadas en los anteriores modelos, mientras en las actividades de soporte consolida las funciones "desarrollo de vínculos" y "suministro de bienes de capital"; adicionalmente amplia los niveles de análisis de cada una de las funciones caracterizando las capacidades básicas de

producción como diferentes a las capacidades tecnológicas y en el marco de las capacidades tecnológicas conserva los niveles básico, intermedio y avanzado.

Tabla A-5. Capacidades tecnológicas Bell y Pavitt (1995)

	Actividades primarias				Actividades de soporte	
	Inversión		Producción			
	Facilidad de los usuarios para decidir, hacer y controlar la tecnología	**Preparación e implementación de proyectos**	**Organización de procesos y producción**	**Centrado en el producto**	**Desarrollo de vínculos**	**Suministro de bienes de capital**
	Capacidades básicas de producción (capacidad para usar las técnicas de producción existentes)					
	No descrito	Preparación del esquema inicial del proyecto Construcción de trabajos civiles básicos Levantamiento de planta simple	Operación de rutina y mantenimiento de brindar facilidades Eficiencia mejoramiento de la experiencia en tareas existentes	No descrito	No descrito	No descrito
	Capacidades tecnológicas (capacidad para generar y manejar el cambio técnico)					
Básico	No descrito	Estudios de factibilidad Planeación de esquema Lograr estándares de equipos Ingeniería simple complementaria	Encargarse y depuración Mejoramiento del diseño, programación y mantenimiento Adaptación menores	No descrito	No descrito	No descrito
Intermedio	No descrito	Ingeniería de detalle Adquisición de planta Gestión y programación de proyectos	Mejoramiento de procesos Licenciamiento de nueva tecnología Introducción de cambios	No descrito	No descrito	No descrito

	Actividades primarias				Actividades de soporte	
	Inversión		Producción			
	Facilidad de los usuarios para decidir, hacer y controlar la tecnología	**Preparación e implementación de proyectos**	**Organización de procesos y producción**	**Centrado en el producto**	**Desarrollo de vínculos**	**Suministro de bienes de capital**
		Delegación Entrenamiento y contratación	organizacionales.			
Avanzado	No descrito	Diseño de procesos básicos y relacionados con investigación y desarrollo	Innovación de procesos y relacionados con investigación y desarrollo Innovación radical en la organización	No descrito	No descrito	No descrito

Fuente: (Bell & Pavitt, 1995)

Globalmente se observa variación para caracterizar mejor los diferentes niveles de cada función tecnológica, sin embargo la ausencia de guías que indiquen los niveles en algunas funciones, brinda ambigüedad sobre el modelo.

Para este aporte los autores se caracterizan por ofrecer modelos muy elaboradas que ofrecen flexibilidad para identificar las actividades de desarrollo tecnológico al interior de las organizaciones con enfoque a aplicarlo a países en desarrollo y delimitan caminos para la consolidación de funciones con niveles más complejos de capacidades tecnológicas.

4. Propuestas con impacto regional: estructura del trabajo en México

Las siguientes propuestas constituyen estructuras aplicadas que brindan gran flexibilidad para identificar las actividades de desarrollo tecnológico al interior de las organizaciones de la región

latinoamericana y describen mejor los caminos seguidos para la profundización de capacidades tecnológicas.

Para el año 2002, Dutrenit y otros investigadores en el Grupo de Aprendizaje Tecnológico de la Universidad Autónoma de México en el marco del proyecto de investigación titulado "Aprendizaje tecnológico y escalamiento industrial: Generación de capacidades de innovación en la industria maquiladora de México"; consolidan una matriz de capacidades tecnológicas aplicada a la industria maquiladora de exportación (Dutrenit, y otros, 2002). Se partió del marco analítico propuesto por Bell y Pavitt (1995) y de la adaptación realizada por Arifin y Figueiredo (2001) y Figueiredo (2001).

En el contexto de la industria maquiladora de exportación y a partir de la evidencia empírica se realizaron algunas adaptaciones a la matriz. La matriz se define para las actividades que las compañías transnacionales realizan en México, es decir muestra la acumulación de capacidades tecnológicas de cada planta "maquiladora/línea de negocios/operaciones" en México, con independencia de las capacidades tecnológicas que tiene la empresa global.

La función técnica de inversión se convirtió en una sola actividad denominada 'toma de decisiones y control'. Esa modificación se realizó debido a que los grandes proyectos de inversión dependen de las decisiones del corporativo y no de las decisiones de la empresa subsidiaria situada en México.

La función técnica de producción sigue manteniendo las funciones 'centradas en los procesos y organización de la producción' y 'centradas en el producto'.

La función técnica de soporte se dividió en tres: vinculación interna, vinculación externa y modificación de equipos. La distinción entre actividades de vinculación interna y externa se debió a que reflejan dos características particulares de las plantas maquiladores: la vinculación intra-empresa y la vinculación con el entorno. Estas dimensiones han evolucionado de forma diferente.

Se mantuvo la filosofía de la matriz, de distinguir entre capacidades tecnológicas operativas básicas y las capacidades tecnológicas innovativas:

1. Las actividades que se consideran operativas básicas son aquellas mínimas necesarias que se requieren para estar en el mercado.

2. Las capacidades innovativas (básicas, intermedias y avanzadas) son aquellas que le permiten no sólo estar en el mercado sino diferenciarse de sus competidores.
3. Por función técnica, las consideraciones de cada una son:
4. Se diferenciaron cuatro funciones actividades de producción: ensamble simple, ensamble complejo, ensamble final y proceso de manufactura.
5. La definición de las actividades correspondientes a la función técnica de modificación de equipos se basó en una adaptación de la propuesta de Figueiredo (2001).

La Tabla A-6, presenta la matriz de capacidades tecnológicas para la industria maquiladora (Sampedro H., 2003).

Tabla A-6. Matriz de capacidades tecnológicas aplicada a la industria maquiladora de exportación

	Función Técnica de Inversión		Función Técnica de Producción		Función Técnica de Soporte		
Nivel de Capacidades	**Toma de Decisiones y Control**	**Preparación y Ejecución del Proyecto**	**Centradas en Procesos y Org. Produc.**	**Centradas en el Producto**	**Vinculación Externa**	**Vinculación Interna**	**Modificación de Equipo**
Capacidades Operativas Básicas	• Estimación de desembolsos	• Planeación de protocolo • Preparación de protocolo • Acondiciona-miento del terreno • Construcción de obra civil básica	• Réplica de especificaciones del proceso • Operación rutinaria de procesos de ensamble simple y/o de mayor complejidad • Mejoras en estaciones de trabajo basados en sistemas supervisados y/o control de calidad • Ing. básica de procesos	• Réplica de especificación del producto • Control de calidad rutinario basado en procesos de control calidad	• Relación con proveedores, clientes e instituciones a través de la casa matriz	• Relación con la matriz para recibir autorizaciones sobre insumos, especificaciones técnicas de productos y procesos, y proyectos de inversión	• Mantenimiento rutinario de componentes y equipo (incluye reemplazo de partes originales) • Réplica simple de especificación de planta y partes simples de maquinaria • Mantenimiento básico sin programación
Capacidades Innovativas Básicas	• Monitoreo activo y control de: -estudios de factibilidad -selección de tecnología/ proveedores • Programación de actividades	• Estudios de factibilidad • Búsqueda de eq. estándar • Ing. básica	• Adaptaciones menores al proceso de ensamble basados en estudios de tiempos y movimientos • Metodología Shaining, Taguchi. • Implementación de Poka-yokes en estaciones críticas • Formación de grupos trabajo • Mejora del Layout	• Adaptaciones menores al producto de acuerdo a necesidades del cliente • Mejoras incrementales en la calidad del producto	• Relación con clientes a través de las especificaciones del producto • Búsqueda y negociación con proveedores de material indirecto • Búsqueda de vínculos con instituciones locales para entrenamiento de personal	• Establecimiento de grupos de trabajo para vinculación entre plantas, centros de diseño, divisiones y la casa matriz	• Copia y adaptaciones menores de especificación de equipo de prueba existentes • Reconstrucción de equipos pequeños sin asistencia técnica • Mantenimiento básico programado

			• Programación de la producción • Mantenimiento productivo total • Escalamiento del proceso de ensamble y/o manufactura de piezas de diferente tamaño				
Capacidades Innovativas Intermedias	• Búsqueda, evaluación y selección de tecnología/ proveedores • Negociación con proveedores • Administración del proyecto completo	• Ing. de detalle • Adquisición de equipo • Estudios de medio ambiente • Administración y seguimiento del proyecto • Designación del grupo de trabajo • Capacitación y reclutamiento • Puesta en marcha	• Rediseño y/o diseño de partes del proceso ensamble y/o de manufactura • Validación de procesos de acuerdo al producto • Estiramiento de la capacidad de producción basado en el balanceo de línea • Manufactura esbelta, sistemas de calidad y mejora continua	• Diseño incremental del producto	• Transferencia de tecnología a proveedores locales para incrementar eficiencia, calidad y abastecimiento local • Atracción de proveedores de material directo a la región • Proyectos conjuntos con universidades para formación profesional	• Delegación por parte de la matriz en la toma de algunas decisiones sobre diseños, clientes, proveedores e instituciones	• Adaptaciones a grandes equipos • Ing. en reversa • Ing y construcción de equipo de prueba • Mantenimiento preventivo
Capacidades Innovativas Avanzadas	• Desarrollo de nuevos sistemas de producción y componentes	• Diseño de procesos y desarrollo de la I+D relacionada	• Innovación en procesos y actividades de I+D relacionadas	• Diseño de características básicas de nuevos productos • Innovación de productos y actividades de I+D relacionada	• Vinculación con universidades y centros de I+D para desarrollos tecnológicos • Colaboración en desarrollos tecnológicos con proveedores, clientes y socios	• Autonomía en la toma de decisiones respecto a producción, abastecimiento de material directo e indirecto, nuevos productos	• Diseño y construcción de equipo y componentes • I+D para nuevos componentes

Fuente: Dutrenit; Vera-cruz; Arias; Avendaño; Gil; Sampedro; Uriostegui. (2002)

Por otro lado estos mismos investigadores estructuraron la medida y seguimiento del índice de capacidades tecnológicas articulado para establecer un método de comparación en los niveles de acumulación a lo largo del tiempo y entre diferentes organizaciones maquiladoras. El índice refleja el nivel de capacidades tecnológicas acumuladas por la "planta maquiladora/línea de negocio/operaciones" en México en un periodo determinado, de tal forma que se obtiene un instrumento para evaluación de la matriz de capacidades tecnológicas en diferentes periodos. La Tabla A-7 presenta las ponderaciones asignadas a cada función técnica en cada uno de sus niveles de acumulación.

Tabla A-7. Índice de capacidades tecnológicas aplicada a la industria maquiladora de exportación

Niveles de Capacidades	Función Técnica de Inversión		Función Técnica de Producción		Función Técnica de Soporte			Total por Nivel Acumulación
	Toma de Decisiones y Control	Preparación y Ejecución del Proyecto	Centradas en Procesos y Org. de la Produc.	Centradas en el Producto	Vinculación Interna	Vinculación Externa	Modificación de Equipo	
Capacidades Operativas Básicas	0.15	0.15	0.20	0.20	0.10	0.10	0.10	1
Capacidades Innovativas Básicas	0.30	0.30	0.40	0.40	0.20	0.20	0.20	2
Capacidades Innovativas Intermedias	0.45	0.45	0.60	0.60	0.30	0.30	0.30	3
Capacidades Innovativas Avanzadas	0.60	0.60	0.80	0.80	0.40	0.40	0.40	4

Fuente: Dutrenit; Vera-cruz; Arias; Avendaño; Gil; Sampedro; Uriostegui. (2002).

En el contexto mexicano el valor asignado a cada una de las celdas varía de acuerdo a la función técnica y el nivel. La función técnica de inversión y la función técnica de soporte tienen un valor menor que la función técnica de producción. En razón a que la función técnica de producción es donde la empresa tiene mayor independencia para llevar a cabo el cambio técnico, mientras que las otras funciones técnicas se comportan en atención a los intereses del corporativo y no de la empresa local. Los valores asignados en cada nivel de capacidad para cada función técnica son los siguientes: para las funciones técnicas de producción tienen un valor de 0.20, para las funciones técnicas de inversión tienen un valor de 0.15 y para las funciones de soporte se les asignaron un valor menor, de 0.10; estos valores se asignaron para cada nivel de capacidad y estos valores son acumulativos. Es decir, por nivel, los valores de las celdas subsiguientes son acumulables, por el contrario, por columnas, los valores de cada una de las celdas son sumables, de tal forma que el valor máximo alcanzado de acumulación de capacidades tecnológicas por la planta será de 4. Esos valores son atribuidos de acuerdo al análisis del sector (Sampedro H., 2003).

El índice de capacidades tecnológicas de una planta maquiladora/línea de negocios/operaciones en México es el resultado de la suma del nivel de acumulación en cada función técnica. El máximo valor para el índice es 4, y lo alcanza cuando la empresa tiene capacidades tecnológicas innovativas avanzadas en todas las funciones técnicas (Sampedro H., 2003).

La construcción del índice se sustenta en el análisis empírico realizado a las plantas maquiladoras de cada sector, a partir de entrevistas a profundidad y cuestionarios realizados a personal de las mismas. Asimismo se consultó a especialistas de cada sector (Sampedro H., 2003) . Se puede concluir que el desarrollo explicito de los elementos de esta matriz y la construcción de este índice permite un acercamiento más especifico al sector empresarial maquilador y exportador, a partir del análisis más gestionable de las complejidades funcionales de este sector.

Para el año 2003 y 2004, se presentan trabajos desarrollados por Aryenis y Dutrenit, en los cuales se observa un nivel de complejidad más desarrollada en atención al tipo de empresa analizada. Para Arias y Dutrenit en 2003 (2003), se aplico la valoración de las capacidades tecnológicas para empresas maquiladoras de exportación y se identificaron los factores que determinaron el desarrollo de cada capacidad tecnológica en un estudio de caso del centro técnico Delphi Corp. Para el año 2004 Arias, (Arias N., 2003)aplico un estudio de caso para una empresa del sector curtidor, en la cual la matriz de capacidades tecnológicas fue aplicada incluyendo la función de técnica de soporte "administración del conocimiento", por otro lado se identifica el tipo de cambio tecnológico presente en la empresa según la taxonomía de Pavitt clasificándola "Como empresa con cambio tecnológico dominado por el proveedor". Adicionalmente con una revisión histórica se determinaron conclusiones sobre su desempeño sobresaliente y expectativas positivas.

Adicionalmente Sampedro (2003) realiza un estudio de caso aplicado a la empresa Thomson-Multimedia De México, en el cual explica completamente las herramientas de valoración desarrolladas por los investigadores mexicanos en 2002.

Parte de identificar para su modelo de análisis el modelo de desarrollo tecnológico propuesto por Hobday (1995), ya que al hacer una evolución temporal desea plantear si ha surtido los pasos propuestos por ese autor. Los periodos de análisis que establece son los siguientes: 1969 -1980, 1981-1992 y 1993-2002; atendiendo las etapas relevantes de desarrollo de esta empresa. En las tablas 11, 12 y 13 se presenta los índices logrados para cada etapa.

Tabla A-8. Índice de capacidades tecnológicas alcanzado en el periodo 1969-1980

Niveles de Capacidades	Función Técnica de Inversión		Función Técnica de Producción		Función Técnica de Soporte			Total por Nivel Acumulación
	Toma de Decisiones y Control	Preparación y Ejecución del Proyecto	Centradas en Procesos y Org. de la Producción	Centradas en el Producto	Vinculación Interna	Vinculación Externa	Modificación de Equipo	
Capacidades Operativas Básicas	0.15	0.15	0.20	0.20	0.10	0.10	0.10	**1.00**

Fuente: Sampedro (2003)

Tabla A-9. Índice de capacidades tecnológicas alcanzado en el periodo 1981-1992

Niveles de Capacidades	Función Técnica de Inversión		Función Técnica de Producción		Función Técnica de Soporte			Total por Nivel Acumulación
	Toma de Decisiones y Control	Preparación y Ejecución del Proyecto	Centradas en Procesos y Org. de la Producción	Centradas en el Producto	Vinculación Interna	Vinculación Externa	Modificación de Equipo	
Capacidades Operativas Básicas								
Capacidades Innovativas Básicas	0.30	0.30		0.40	0.20	0.20		
Capacidades Innovativas Intermedias			0.60				0.30	**2.30**

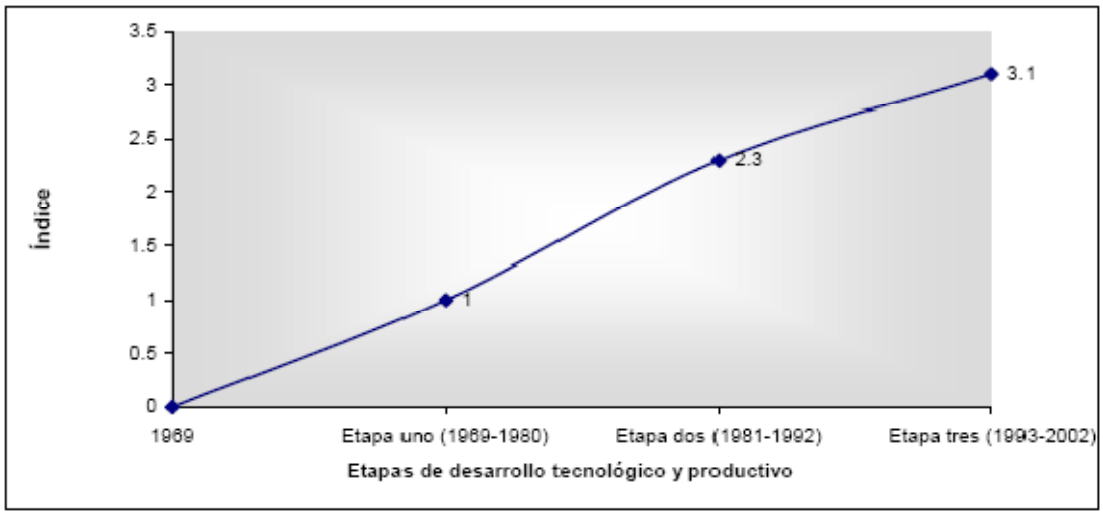
Fuente: Sampedro (2003)

Tabla A-10. Índice de capacidades tecnológicas alcanzado en el periodo 1993-2002

Niveles de Capacidades	Función Técnica de Inversión		Función Técnica de Producción		Función Técnica de Soporte			Total por Nivel Acumulación
	Toma de Decisiones y Control	Preparación y Ejecución del Proyecto	Centradas en Procesos y Org. de la Producción	Centradas en el Producto	Vinculación Interna	Vinculación Externa	Modificación de Equipo	
Capacidades Operativas Básicas								
Capacidades Innovativas Básicas					0.20	0.20		
Capacidades Innovativas Intermedias	0.45	0.45		0.60				
Capacidades Innovativas Avanzadas			0.80				0.40	**3.10**

En el marco de su propuesta complementó con una visión en la que homologa los niveles de capacidades tecnológicas alcanzados por la organización con los pasos de desarrollo tecnológico del modelo de desarrollo tecnológico propuesto por Hobday[9] (1995) para economías en desarrollo tecnológico; como lo muestra la figura A-1, tabuló el índice alcanzado en cada etapa de análisis.

Figura A-1. Índice de Acumulación de Capacidades Tecnológicas por Función Técnica de la empresa Thomson-Multimedia de Ciudad Juárez



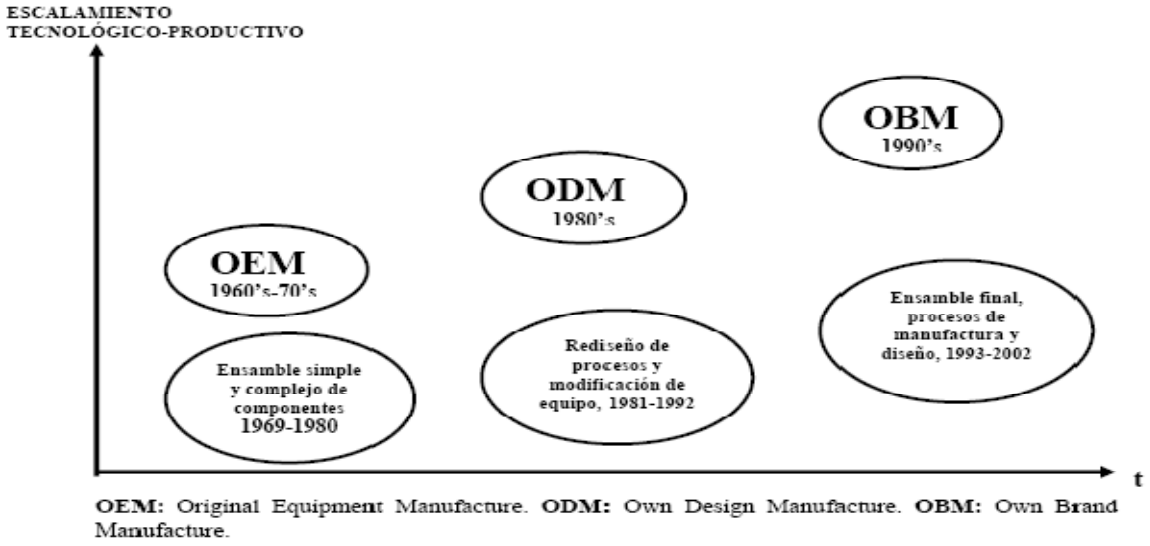
Fuente: Sampedro (2003)

[9] Hobday (Hobday, 1995) identifica tres etapas de desarrollo tecnológico e industrial en la que se distinguen formas diferentes de aprendizaje y acumulación. La primera es el sistema OEM (Original Equipment Manufacture), la segunda es el sistema ODM (Own Design and Manufacture) y la tercera corresponde al sistema OBM (Own-Brand Manufacture); caracterizadas para empresas de entrada tardía al uso de alguna tecnología. El sistema OEM es una forma específica de subcontratación que se desarrolló hacía afuera de las operaciones de las Corporaciones Transnacionales y entre proveedores de las economías de industrialización reciente.
El sistema OEM fue superado por una segunda etapa de desarrollo industrial que permitió la realización de "manufacturas con diseño propio" denominada ODM. Bajo este sistema, a principios de la década de los setenta, la empresa local realiza los diseños de productos necesarios para la producción de un bien de acuerdo a un diseño básico ofrecido por alguna Corporación Transnacional.
En la tercera etapa, el sistema ODM significó la internalización de algún grado de know how en las áreas de diseño de producto y en las interfaces entre el proceso y el producto, a partir de la manufactura y diseño de componentes. El sistema ODM creó las condiciones para el surgimiento del sistema OBM. Aunque no se define claramente el cambio gradual del sistema ODM al OBM, hoy día muchas empresas producen bienes bajo su propia marca

En la Figura A-2 señala el comparativo con el modelo de Hobday, en el cual se evidencia un retraso en el desarrollo del modelo maquilador Mexicano con el modelo OEM-ODM-OBM ya que con tres etapas tan solo se ha logrado llegar al segundo nivel, con el desarrollo de componentes de diseño y manufactura, mientras que en el modelo desarrollado por Hobday se propone en el tercer nivel una construcción de marca propia (Sampedro H., 2003).

La comparación aunque pedagógica es un poco desafortunada en la medida que el modelo de tres etapas lo articula para interpretar una evolución respecto al modelo Hodbay que no delimita un marco de periodos para cada etapa, sin embargo sirve para enunciar los inconvenientes de los principios macroeconómicos de los modelos de desarrollo tecnológico en los cuales no se articulan políticas claras de promoción y uso de tecnología.

Figura A-2 Modelos OEM-ODM-OBM versus Modelo Maquilador Mexicano



Fuente: Sampedro (2003)

Con estas reflexiones se consolida una critica estructurada al modelo maquilador exportador desarrollado en México, modelo en el cual no se han logrado construir logros en el ámbito estratégicos sobre la consolidación de empresas con capacidades tecnológicas superiores para la competencia internacional.

5. Propuestas con impacto regional: desarrollos desde el entorno brasilero.

El aporte en Brasil se puede evidenciar en las investigaciones encadenadas realizadas en EBAPE (Escola Brasileria De Administração Pública E De Empresas), en la cual los investigadores continúan con la propuesta presentada por Figueiredo en (2001) y han desarrollado diferentes propuestas metodológicas para valorar la complejidad del aprendizaje empresarial presente en las empresas de la región. Su marco de estudio se especializa en el análisis interno de la organización y la comparación inter organizaciones para evidenciar trayectorias desarrolladas para la construcción de cada capacidad tecnológica, a partir de decisiones gerenciales y procesos de educación.

5.1. Construcción de una matriz ajustada a los requerimientos del entorno brasilero.

La estructura de análisis se estableció con una matriz de capacidades tecnológicas adaptada para Brasil como país con una economía emergente, que se presenta a continuación en la Tabla A-11.

Tabla A-11. Capacidades tecnológicas en empresas de economías emergentes, un modelo descriptivo

Niveles de competencias tecnológicas	Funciones tecnológicas y actividades relacionadas				
	Inversión		Procesos y organización de producción	Productos	Equipamientos
	Diseño y control sobre la planta	Ingeniería de proyectos			
	RUTINA				
Básico	Decisiones sobre localización de planta.	Preparación inicial de proyecto. Sincronización de trabajos de construcción civil e instalaciones	Coordinación de rutina en planta.	Replicación de acciones siguiendo especificaciones ampliamente aceptadas CQ de rutina. Fortalecimiento de mercados de exportación	Reposición de rutina de componentes de equipamiento. Participación en instalaciones y pruebas de desempeño.
	Términos de referencia		Absorción de capacidades PCP y CQ básicos		

Niveles de competencias tecnológicas	Funciones tecnológicas y actividades relacionadas				
	Inversión		Procesos y organización de producción	Productos	Equipamientos
	Diseño y control sobre la planta	Ingeniería de proyectos			
Renovado	Monitoreo activo de rutina de unidades existentes en planta	Servicios rutinarios de ingeniería en planta nueva y/o existente	Estabilidad de AF y acerías. Coordinación priorizada de planta. Obtención de certificaciones (ISO 9002, QS 9000)	Replicación apremiada de especificación de acción dados o propias. Obtención de certificado internacional para CQ de rutina.	Manufactura y reposición de componentes (ej. Cilindros) superar certificación internacional (ISO9002)
		INNOVADORES			
Extra básico	Envolvimiento activo en fuentes de financiación de tecnología	Planeación de proyectos. Estudios de viabilidad técnicamente asistidos, para grandes expansiones.	Pequeñas adaptaciones e intermitentes en procesos, eliminación de cuellos de botella, y ampliación de capacidades.	Pequeñas adaptaciones en especificaciones dadas. Creación de especificaciones propias para acciones (dimensión, forma, propiedades mecánicas.)	Adaptaciones pequeñas en equipamiento para ajustarlas a materia primas locales. Mantenimiento break-down
Pre intermedio	Monitoreo parcial y control de: estudios de viabilidad de expansión, búsqueda, aval, y selección de tecnología y proveedores.	Ingeniería de instalaciones. Expansión técnicamente asistida. Ingeniería de detalle	Ampliación sistemática de capacidades. Manipulación de parámetros claves del proceso. Nuevas técnicas organizacionales (TQC/M, ZD, JIT)	Mejoramiento sistemático en especificaciones dadas. "ingeniería de reversa" sistemática. Diseño y desenvolvimiento de acciones técnicamente asistidas. Desenvolvimiento de especificaciones propias.	Reforma de grandes equipamientos (ej. AF) sin asistencia técnica. Ingeniería de reversa de detalle y básica. Manufactura de grandes equipamientos.

Niveles de competencias tecnológicas	Funciones tecnológicas y actividades relacionadas				
	Inversión		Procesos y organización de producción	Productos	Equipamientos
	Diseño y control sobre la planta	Ingeniería de proyectos			
Intermedio	Monitoreo completo, control y ejecución de: estudios de viabilidad, búsqueda, aval, y selección, y actividades de financiación	Ingeniería básica de plantas individuales. Expansión de planta sin asistencia técnica. Provisión intermitente de asistencia técnica.	Mejoramiento continuo de procesos, diseño de sistemas automatizados estáticos. Integración de sistemas automatizados de proceso y PCP. Alargamiento rutinario de capacidades	Mejoramiento continúo en especificaciones propias. Diseño, desenvolvimiento, manufactura y comercialización, de acciones complejas y de alto valor sin asistencia técnica. Certificación para estandarización de producto (ej. ISO 9001)	Manufactura básica, continua y de detalle de plantas individuales (ej. AF). Mantenimiento preventivo
Intermedio superior	Elaboración y ejecución propia de proyectos. Provisión de asistencia técnica en decisiones de investigación	Ingeniería básica de planta interna. Provisión sistemática de asistencia técnica en: estudios de viabilidad, ingeniería de adquisición, de detalle, básica, y partida de planta.	Integración entre sistemas operacionales y sistemas corporativos. Ajuste en procesos de innovación basados en revisión e ingeniería.	Adición de valor a acciones desarrolladas internamente. Diseño y desarrollo de acciones extra complejas y de alto valor agregado. Encajar en proyectos de diseño y desenvolvimiento con usuarios.	Ingeniería y fabricación de instalaciones individuales (ej. Reforma de AF) para otras empresas
Avanzado	Gestión de proyectos de clase mundial. Desarrollo de nuevos sistemas de producción vía I&D.	Ingeniería de clase mundial. Nuevos diseños de procesos e I&D relacionado.	Producción de clase mundial. Diseño y desarrollo de nuevos procesos basados en ingeniería e I&D.	Diseño y desarrollo de productos de clase mundial. Diseño original vía ingeniería e I&D.	Diseño y manufactura de equipamientos de clase mundial I & D Para nuevos equipamientos y componentes.

Fuente: Figueiredo (2001). Claves: PCP= planeación y control de producción CQ= control de calidad AF= alto horno.

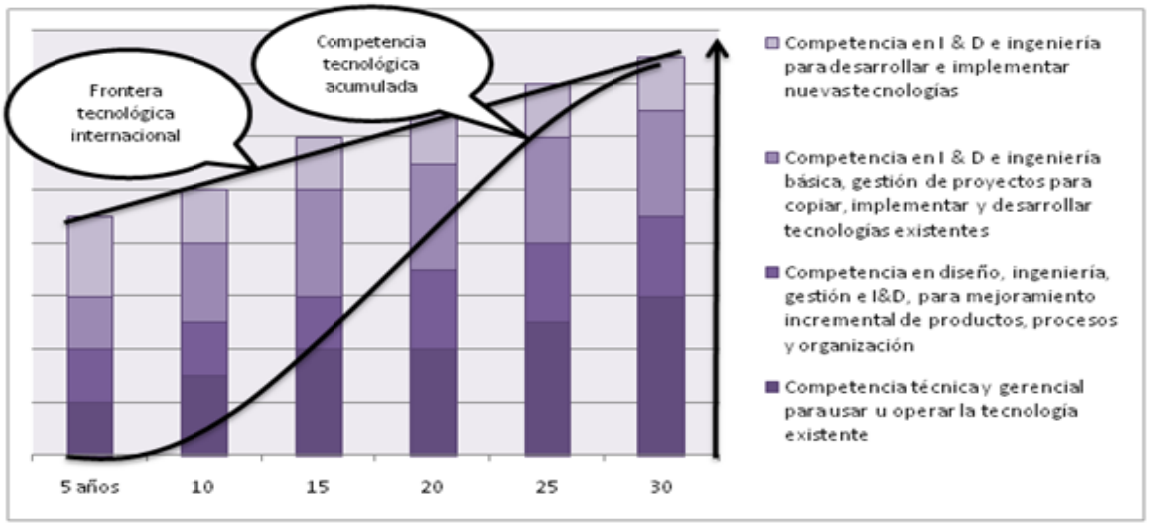
Este modelo fue desarrollado para su aplicación empírica en la industria de acero, pero posteriormente se ha adaptó para estudios de desarrollo tecnológico en otros sectores industriales brasileros. Se diferencia de las matrices abordadas en la presente tesis por varias condiciones; utiliza cinco funciones tecnológicas mientras que la propuesta mexicana propone siete funciones, desglosa la capacidad para cada función en siete niveles de capacidad mientras la propuesta mexicana aborda cuatro niveles; en los niveles extra básico y pre intermedio se presentan capacidades de rutina e innovadoras simultáneamente; el modelo capta dos tipos de trayectorias, la producción de bienes y servicios cada vez más complejo y la profundidad en cada nivel de capacidad tecnológica (Figueiredo P. N., 2001).

Los siguientes son algunos aportes relevantes que desarrollan la variación en la configuración de la matriz de capacidades para atender la complejidad tecnológica y empresarial planteada en cada entorno social o empresarial objetos de análisis:

- Figueiredo (2001) realiza la comparación de los cambios en dos empresas siderúrgicas brasileras a lo largo de 40 años, identificando su progreso a través de diferentes niveles de capacidad y su apropiación para el manejo y adquisición de tecnología, envuelve la diferenciación entre ocho niveles de capacidades.
- (Ariffin & Figueiredo, 2006) Realizan una comparación entre empresas electrónicas en Brasil y Malasia, con una estructura de 4 funciones y 6 niveles, posteriormente la convierte en 3 funciones y 6 niveles. La evaluación es para un momento en el tiempo para determinar que cantidad de empresas alcanzo los niveles de capacidad propuesto.

Esta matriz se complementa con el uso de herramientas para evidenciar la velocidad o tasa de acumulación de cada capacidad, con las cuales de mide el número de años en que la empresa demora en avanzar de un nivel a otro en cada capacidad tecnológica. Teniendo como referencia la trayectoria propuesta para la descripción de la acumulación de capacidades tecnológicas en empresas de economías emergentes, que se presenta en la Figura A-3, presenta la ruta posible para la construcción y la acumulación de competencias tecnológicas con el trayecto en todos los niveles intermedios como una ruta adecuada para alcanzar los niveles más avanzados.

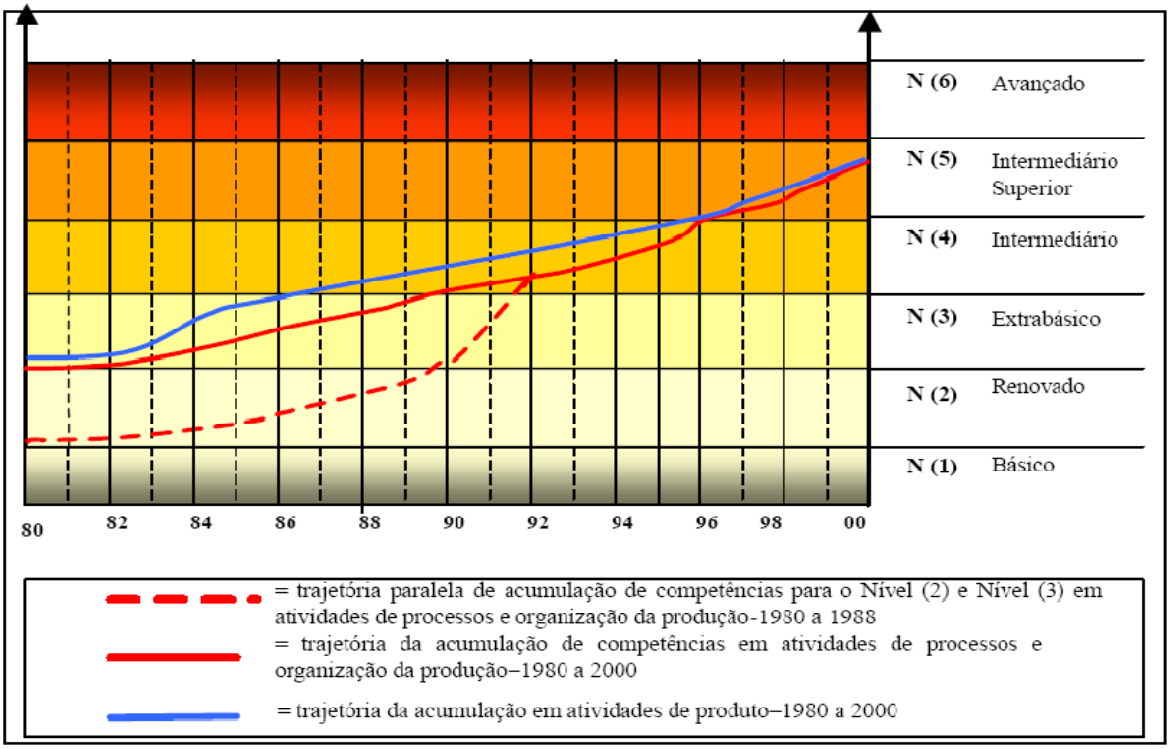
Figura A-3 Trayectoria de acumulación de capacidades tecnológicas en empresas de economías emergentes



Fuente: Bell (2007)

El gráfico propone una visión pedagógica del proceso de construcción de competencia tecnológica, en primera instancia la frontera tecnológica internacional crece cada año, por otro lado cada competencia tecnológica se consolida con algunos niveles (en este caso cuatro) de profundidad en el uso de la tecnología, los niveles aumentan en complejidad de uso de la tecnología; y la ruta propuesta propone un camino acelerado por todos los niveles de profundidad descritos. Por ejemplo, en el desarrollo tecnológico en una empresa de producción de electrodomésticos se identifica la trayectoria de acumulación de capacidades tecnológicas en las funciones "procesos y organización de producción" y "desarrollo de producto", como se muestra en la Figura A-4 (Souto F., 2001).

Figura A-4 Trayectoria de acumulación de capacidades tecnológicas en empresas las funciones "procesos y organización de producción" y "desarrollo de producto".



Fuente: (Souto F., 2001)

Otra herramienta usada para dimensionar la velocidad de avance en la consolidación de las diferentes competencias tecnológicas es un indicador de años que demora la organización para alcanzar cada competencia, la propuesta es muy similar a la estrategia anterior pero por su visión global resumida permite entender de manera muy practica el avance de cuantos años le cuesta a la organización lograr avance en alguna función tecnológica. En la Tabla A-12, se presenta un ejemplo del análisis de cuantos años le cuesta a la organización Kwarner Pulping de Brasil, presentado por Tacla en (2002).

Tabla A-12. Velocidad de acumulación de competencias tecnológicas en la Organización Kwarner Pulping De Brasil.

Nivel de competencia tecnológica	Ingeniería de sistemas	Gestión de proyectos	Procesos y practicas operacionales	Equipos de procesos
1. Básico.	N= 3	N= 1	N= 7	N= 1
2. Renovado.	N= 5	N= 3	N= 10	N= 3
3. extra básico	N= 9	N= 7	N= 12	N= 7

Nivel de competencia tecnológica	Ingeniería de sistemas	Gestión de proyectos	Procesos y practicas operacionales	Equipos de procesos
4. Pre intermedio	N= 15	N= 10	N= 16	N= 10
5. intermedio	N= 15	N= 12	N= 17	N= 16
6. intermedio superior	N= 17	N= 17	N= 21	Nivel no alcanzado
7. Avanzado	Nivel no alcanzado	Nivel no alcanzado	Nivel no alcanzado	Nivel no alcanzado

Fuente: (Tacla, 2002)

La importancia de esta propuesta radica un su facilidad para inferir conclusiones sobre las condiciones y posibles demoras estimadas en avanzar hacia algún nivel de capacidad, con el uso de medidas de tendencias aplicables en un marco de objetividad valido.

5.2. Desarrollo de estructura de análisis del aprendizaje tecnológico.

Para desarrollar una justificación que permita consolidar las fuentes de las capacidades tecnológicas se identifico por los diversos autores la relación que tiene esta construcción de capacidades con los procesos de aprendizaje y como dicha construcción puede apoyar el desarrollo organizacional.

Figueiredo (2001) propone que los procesos de aprendizaje pueden ser analizados sobre cuatro características claves: variedad, intensidad, funcionamiento e interacción. Cada uno de ellos construido después de revisar literatura de empresas en industrialización y frontera tecnológica.

La variedad es la presencia de diferentes procesos de aprendizaje en la empresa, que fue identificado como requisito para que la organización pueda adquirir conocimiento y los convierta del nivel individual al organizacional; incluye procesos de adquisición interno, externo, sus mecanismos de conversión, socialización y codificación.

La intensidad fue definida por Figueiredo como la repetitividad a través del tiempo de la creación, actualización, uso mejorado, y/o fortalecimiento de los procesos de aprendizaje. Esta característica se justifica por la necesidad de flujo constante de conocimiento para la empresa; que

puede permitir para la empresa un mejor entendimiento de las tecnologías adquiridas y puede asegurar la conversión constante de aprendizaje del nivel individual al organizacional.

El funcionamiento entendido como la forma en que se desarrollan los procesos de aprendizaje a lo largo del tiempo; en la cual su adecuada articulación puede afectar de manera positiva el aprendizaje en la organización (Figueiredo P. N., 2001).

La interacción explica la forma como los procesos de aprendizaje influyen unos sobre los otros, esta adecuada interacción es significativa para la construcción de competencias (Cortes de C., 2002). Los criterios de valoración de cada una de las características anteriormente mencionada se desarrollan como instrumento de esta metodología de análisis y se contextualizan a cada entorno organizacional, es por ello que las escalas pueden ser diversas. En la

Tabla A-13 se desarrollan dichos criterios consolidados para aplicar en la organización Kwarner Pulping de Brasil por Tacla (2002).

Tabla A-13. Criterios de aprobación de los procesos de aprendizaje

Características claves	Criterios de clasificación
Variedad	**Ausente n = 0; Limitada n <5; Moderada 5<n<10; Diversa n>10**
Intensidad	**Continua:** utilización de procesos de aprendizaje en de forma continua o en atención a su naturaleza en diversas ocasiones. **Intermitente:** utilización de procesos en forma discontinua o con poca frecuencia. **Baja:** utilización de procesos de aprendizaje por una sola vez o por un corto periodo de tiempo.
Funcionamiento	***Pobre - moderada - buena*** Se realiza la confrontación sobre evidencias de los procesos de aprendizaje y la recordación en los empleados sobre la operación de los procesos de aprendizaje en los últimos años.
Interacción	Este valor se evalúa con un índice que se construye de la identificación del numero de interacciones observadas entre los procesos de aprendizaje divido por la cantidad de procesos de aprendizaje presentes en la organización. Ofrece la siguiente ponderación. Frágil n < 0.5 Moderada 0.5<n<1 Fuerte n>1.

Fuente (Tacla, 2002)**.**

Adicionalmente para describir los mecanismos de conversión de conocimientos los factores claves son analizados sobre la estructura desarrollada por Nonaka y Takeuchi (1997), en la cual se identifica mecanismos de adquisición y de codificación del conocimiento; con lo anterior se incluyen cuatro procesos de aprendizaje: proceso de adquisición interna de conocimiento, proceso de adquisición externa de conocimiento, proceso de socialización de conocimiento y proceso de codificación del conocimiento (Cortes de C., 2002). Esta propuesta se contextualiza en la matriz de valoración del aprendizaje que es estructurada y definida para empresas en economías

emergentes. La matriz propone categorizar de una manera sistemática las fases de adquisición y conversión de conocimientos y evaluar su éxito en la organización, la matriz se presenta en la Tabla A-14.

Tabla A-14. Procesos de aprendizaje en empresas de economías emergentes

Procesos de aprendizaje	***Características claves de los procesos de aprendizaje***			
	Variedad	***Intensidad***	***Funcionamiento***	***Interacción***
	Ausente - presente (limitada - moderado - Varios)	***Una vez - intermitente - continua***	***Pobre - moderada - buena - excelente***	***Baja - moderado - fuerte***
Procesos y mecanismos de adquisición de conocimientos				
Adquisición interna de conocimientos	Presencia / ausencia de procesos de adquisición de conocimientos, a nivel local o en el extranjero.	La forma en que la empresa utiliza este proceso con el tiempo puede ser continua (por ejemplo, en el exterior anual de capacitación para ingenieros y operadores), intermitente, se producen sólo una vez.	La forma en que el proceso se crea (por ejemplo, criterios para el envío de ingenieros para la formación en el extranjero) y de cómo este opera en el tiempo, pueden reforzar o atenuar la variedad e intensidad. Tiempo: "Aprender antes de hacer".	La forma en que influyen en un proceso de otro proceso de adquisición de conocimiento externo o interno (por ejemplo, capacitación en el exterior, el "aprender haciendo") y / u otros procesos de conversión de conocimiento.
Adquisición de conocimientos externos	Presencia / ausencia de procesos de adquisición de conocimientos realizando actividades en interiores (por ejemplo, la experimentación). Estas actividades pueden ser rutinarias o innovadoras.	La forma en que la empresa utiliza diferentes procesos para la adquisición de conocimientos internos. Esto puede influir en la comprensión por los individuos de los principios involucrados en la tecnología.	La forma en que el proceso se crea (por ejemplo, centros de investigación) y de cómo este opera en el tiempo, tiene implicaciones prácticas para la variedad e intensidad. Tiempo. "Aprender antes de hacerlo".	Proceso de conocimiento interno puede estar influenciado por el proceso de adquisición externa (por ejemplo, mejoras en la planta de la influencia de la formación en el extranjero). Esto puede influir en los procesos de conversión de conocimiento.
Procesos y mecanismos de conversión del conocimiento				
La socialización del conocimiento	Presencia / ausencia de los diferentes procesos por los cuales las personas comparten su conocimiento tácito (por ejemplo	La forma como los procesos (por ejemplo, capacitación laboral) continúan con los años. Un proceso continuo de	Los mecanismos de cómo la socialización de los conocimientos se crean (por ejemplo, la formación interna) y operan a	La consolidación de diversos conocimientos tácitos para un sistema eficaz (por ejemplo, creación de enlaces

Procesos de aprendizaje	***Características claves de los procesos de aprendizaje***			
	Variedad	***Intensidad***	***Funcionamiento***	***Interacción***
	Ausente - presente (limitada - moderado - Varios)	***Una vez - intermitente - continua***	***Pobre - moderada - buena - excelente***	***Baja - moderado - fuerte***
	reuniones, compartir, solución de problemas).	socialización del conocimiento puede influir en la codificación del conocimiento.	lo largo del tiempo. Esto tiene implicaciones para la variedad y la intensidad del proceso de conversión de conocimiento.	conocimiento). La socialización puede ser influenciada por procesos de adquisición interna y externa de los conocimientos.
La codificación del conocimiento	Presencia / ausencia de los diferentes procesos y mecanismos para codificar el conocimiento tácito (por ejemplo, la documentación sistemática, seminarios internos).	La forma en que se realiza repetidamente tareas como la normalización de las operaciones. Codificación ausente y / o intermitente puede limitar el aprendizaje organizacional.	La forma como se codifica el conocimiento, se crea y opera a través del tiempo tiene consecuencias para el funcionamiento de todo el proceso de convertir el conocimiento. Esto también influye en la diversidad y la intensidad del proceso.	La forma como se codifica el conocimiento es influenciada por procesos de adquisición de conocimientos (por ejemplo, formación en el exterior) o por medio de procesos de socialización del conocimiento (por ejemplo, la creación de equipos).

Fuente: Figueiredo (2001 a) referido por Cortes de Castro (2002).

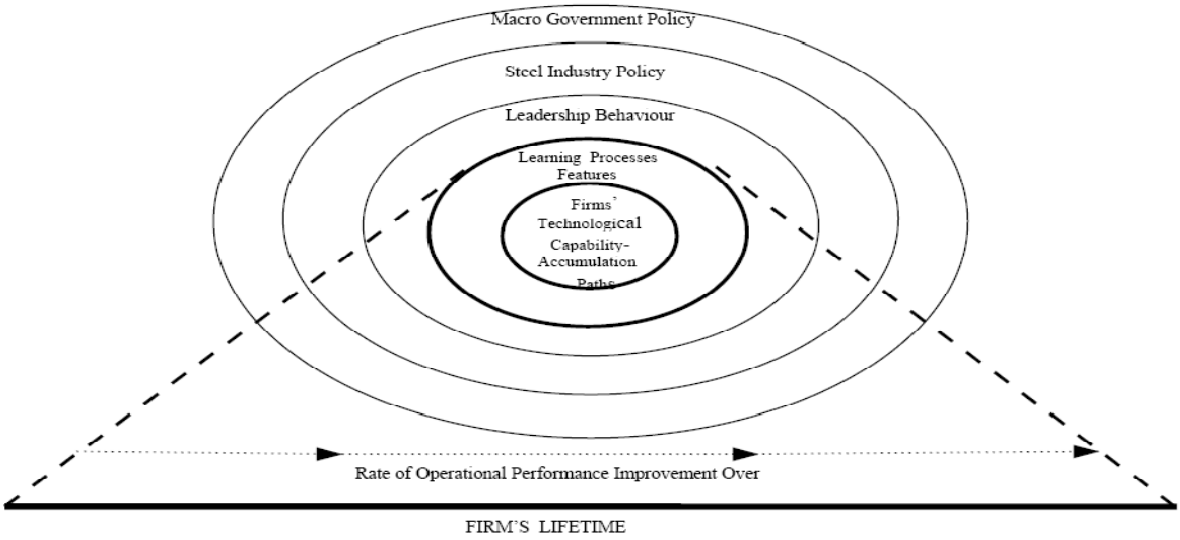
5.3. Aportes adicionales en el desarrollo de herramientas para el apoyo de la valoración tecnológica.

A continuación referencio algunas investigaciones que presentan aportes, basado en la metodología de estudio de caso, con aplicación de análisis del aprendizaje tecnológico para cada entorno empresarial, que puede servir como referencia para el desarrollo tecnológico por sectores económicos:

- Desarrollo tecnológico en una acería, identificando las practicas de aprendizaje y gerenciales aplicadas a la organización, con las cuales lograran ciertos niveles en las funciones tecnológicas "Procesos de producción", "producto" y "equipamiento" (Cortes de C., 2002). De igual manera propone tendencias de desarrollo tecnológico en atención a las conductas abordadas de aprendizaje por la organización.

- De la comparación de las prácticas de aprendizaje de dos industrias siderúrgicas en Brasil, se puede concluir que el éxito en la acumulación de capacidades tecnológicas obedece no solo a la variedad de rutinas de aprendizaje sino también a su intensidad, funcionamiento e interacción. Adicionalmente propone como factores de análisis en el mejoramiento del desempeño organizacional las variables externas alrededor de los factores claves de aprendizaje (Figueiredo P. N., 2002). En la Figura A-5 se presenta su propuesta de estudio.

Figura A-5. Estructura analítica de la investigación de Figueiredo 2002



Fuente: (Figueiredo P. N., 2002).

- En el análisis de una empresa subsidiaria internacional se analizo como afectan las diferentes fuentes de aprendizaje organizacional en la construcción de capacidades tecnológicas, estas fuentes son: procesos intra organizacionales de aprendizaje tecnológico, procesos inter empresariales a partir de vínculos entre empresa matriz y la empresa subsidiaria; y relación de la empresa con las demás organizaciones del sistema nacional de innovación (Fonseca de A., 2007).
- Identificación de la trayectoria de acumulación de capacidades tecnológicas en una empresa de transmisión de energía eléctrica en el norte de Brasil (Lemos R. & Figueiredo, 2006).

Con lo anterior se observa revisión intra organizacional de la complejidad de manejo de la variable tecnológica en diferentes sectores del entorno brasilero, a partir de lo cual se observa una memoria de gestión tecnológica útil para que la sociedad en su conjunto valore la efectividad de sus procesos de apropiación de tecnología.

5.4. Desarrollos Nacionales En Valoración De Capacidades Tecnológicas

En la investigación desarrollada en Colombia se han presentado aportes individuales con diversos enfoques de aplicación y medición de las capacidades tecnológicas; que presentan problemáticas con la falta de continuidad y poca replicación de dichas metodologías.

Desde la Universidad Nacional Sede Medellín los investigadores (Robledo Velásquez, Gómez Jiménez, & Restrepo Arias, 2008) presentan una investigación en el marco del proyecto Descubrimiento Del Conocimiento Sobre La Innovación En Colombia, estudio que aplica información de La Encuesta Nacional De Innovación Y Desarrollo Tecnológico, La Encuesta Anual Manufacturera Y La Base De Datos ScienTI. Se propone establecer una relación de causalidad entre el desarrollo de las capacidades de innovación tecnológica (CIT) y el desempeño empresarial. Consolida el modelo para medir las CIT, con la identificación de capacidades organizacionales asociadas directamente con la innovación tecnológica basado en literatura reciente; define las siguientes capacidades: I+D, gestión de recursos, aprendizaje organizacional, planeación estratégica, producción, mercadeo y organizacional. Para cada capacidad configura variables a medir en cada encuesta (se estudiaron dos encuestas consecutivas), identificando valoración de variables para cinco capacidades en la primera encuesta y para seis capacidades en la segunda encuesta. Con la información analizada no se pudo consolidar una conclusión acerca de una relación positiva entre CIT y desempeño innovador o desempeño empresarial. Como conclusión se puede mencionar que consolida una propuesta de medición de las capacidades de innovación tecnológica, identifica problemáticas de gestión de información de la Encuesta Nacional De Innovación Y Desarrollo Tecnológico; y resalta lo poco que se puede evidenciar del desarrollo innovador con la información presentada en las encuestas.

Por otro lado en el marco de una metodología para estructurar una unidad de vigilancia tecnológica, propuesta por investigadores del valle (Bergman & Gutiérrez R., 2008); la capacidad tecnológica fue dimensionada con el diagnostico de los siguientes aspectos: recurso humano calificado, experiencia, infraestructura física (laboratorios), software especializado, equipos e insumos; para cada tecnología usada en el Centro De Excelencia De Nuevos Materiales; su aporte no es muy relevante para los objetivos de esta investigación ya que no justifica las bases de construcción de la metodología, pero identifica la necesidad de valoración de la capacidad tecnológica en la estructuración de una unidad de vigilancia tecnológica.

Referencias

Aboites, J. (2003). Innovaciones, Patentes Y Globalización. En J. Aboites, & G. Dutrénit, *Innovación, Aprendizaje y Creación de Capacidades Tecnológicas.* México: Universidad Autonoma Metropolitana Miguel Ángel Porrúa.

Amit, R., & Schoemaker, P. (1993). Strategic assets and organizational rent. *Strategic Management Journal* (14), 33–46.

Archibugi, D., & Coco, A. (2004). A New Indicator of Technological Cabilities for Developed and Developing Countries (ArCo). *Italian National Research Council.* .

Arias N., A. (2003). Acumulación de las capacidades tecnológicas: el caso de la empresa curtidora alfa. *Investigación económica- UNAM , LXIII* (249), 101 123.

Arias N., A., & Dutrénit, G. (2003). Acumulación de Capacidades Tecnológicas Locales de Empresas Globales en México: El Caso del Centro Técnico de Delphi Corp. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación* (6).

Ariffin, N., & Figueiredo, P. N. (2006). *Internationalisation of Innovative Capabilities:Evidence from the Electronics Industry in Malaysia and Brazil.* Rio de Janeiro: Escola Brasileira de Administracao Pública e de Empresas.

Bañuelos V., E. (2006). Capacidades Tecnológicas en empresas originadas en instituciones de investigación: el caso de Mappec S.A. de C.V. *I congreso Iberoamericano de ciencia, tecnología e innovación CTS + I.* México.

Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management* (17), 99–120.

Bell, M. (2006). Time and Technological Learning in Industrialising Countries: How Long Does It Take? How Fast Is It Moving (If At All)? *International Journal of Technology Management , 36* (1-3), 25-39.

Bell, M. (2007). Types y Levels of Technological Capability in Developing Countries. En M. Bell, *Technological Learning and the Development of Production and Innovative Capacities in the Industry and Infrastructure Sectors of the Least Developed Countries: What Roles for ODA?- Background Paper No. 10* (págs. 100-111). Brighton, United Kingdom: University of Sussex.

Bell, M., & Pavitt, K. (1993). Technological Acumulatión and industrial Grosth: Contrast Between Developed an Developing Countries. *Industrial and Corporate Change , 2* (2), 157-210.

Bell, M., & Pavitt, K. (1995). The Development of Technological Capabilities. En *Trade, Technology and International Competitiveness.* The World Bank: Washington DC: I. U. Haque.

Bergman, G., & Gutiérrez R., V. (2008). Estructuración Y Diseño De Una Unidad De Vigilancia Tecnológica. *I Congreso Internacional de Gestión Tecnológica e Innovación.* Bogotá.

Betz, F. (2003). *Managing Technological innovation competitive advantage from change.* USA: John Wiley & Sons, Inc.

Bogner, W., & Thomas, H. (1994). Core competence and competitive advantage: a model and illustrative evidence from the pharmaceutical industry. En G. H. Hamel, *Competence-Based Competition.* (págs. 111-144). Chichester: Wiley.

Cabanes, R. (1991). From a Sociology of Interes to a Sociology of Innovation: Transfer of French Tecnology to Brazil. *Journal of Scientifics & Industrial Research , 50*, 133-144.

Castellanos D., O. F., Jiménez H., C. N., & Domínguez M., K. P. (2009). Competencias tecnológicas: bases conceptuales para el desarrollo tecnológico en Colombia. *REVISTA INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN , 29* (1), 133-139.

Castellanos, O. (2007). *Gestión tecnológica: de un enfoque tradicional a la inteligencia.* Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Chávez C., W., & Muñoz G., S. (2006). Control de Gestión y Gestión Tecnológica. *Ensaios e Ciência , 4* (003).

Cimoli, M., & Della G., M. (2003). "The Nature of Technological Change and its Implications on National Systems of Innovation. En J. Aboites, & G. Dutrénit, *Innovación, Aprendizaje y Creación de Capacidades Tecnológicas.* México: Universidad Autonoma Metropolitana Miguel Ángel Porrúa.

Collis, D. (1996). Organisational capability as a source of profit. . En B. E. Moingeon, *Organisational Learning and Competitive Advantage.* London: Sage.

Collis, J., & Montgomery, C. A. (July–August de 1995). Competing on resources: strategy in the 1990s. *Harvard Business Review* , 118–128.

Cool, K., & Schendel, D. (1988). Performance differences among strategic group members. *Strategic Management Journal , 3* (9), 207-224.

Cortes de C., E. (2002). Acumulación de Capacidades Tecnológicas y Procesos de Aprendizaje: el caso de la Aceria de la Compañia Siderurgica Nacional. *Tesis presentada a la EBAPE-Escola Brasileira da Administracao Pública e de Empresas, CFPA-Centro de Formacao Academica e Pesquisa, para optar al grado en Mestrado Executivo em Gestao Empresarial* . Rio de Janeiro.

Criscuolo, P. (2002). Reverse Technology Transfer: A Patent Citation Analysis of the European Chemical and Pharmaceutical sectors. *MERIT- Infonomics Research Memorandum Series* .

Deutsch, K., Diedrichs, E., Raster, M., & Westphal, J. (1997). *Gewinnen mit Kernkompetenzen: Die Spielregeln des Marktes neu Definieren.* Mu¨nchen.: Carl Hauser Verlag.

Dutrenit, G. (2004). Building Technological Capabilities in Latecomer Firms. *Science,Technology & Society* , 9-11.

Dutrenit, G. (2004). Building Technological Capabilities in Latecomer Firms. Science. *Technology & Society* .

Dutrenit, G. (2001). El papel de las rutinas en la codificación del conocimiento en las firma. *Red Análisis Económico , XVII* (34), 211-228.

Dutrenit, G., & Vera-Cruz, A. (2000). Fuentes de Conocimiento Tecnológico parala Actividad Innovativa en la Industria Química Mexicana. *Comercio Exterior , 50* (9), 786-798.

Dutrenit, Vera-cruz, Arias, Avendaño, Gil, Sampedro, y otros. (2002). *"Marco Analítico para el Análisis de los Procesos de Acumulación de Capacidades Tecnológicas", documentode trabajo; proyecto: "Aprendizaje Tecnológico y Escalamiento Industrial: Generación deCapacidades de Innovación en la Industria Maquiladora de México".* COLEF/FLACSO/UAM.

Figueiredo, P. N. (2001 a). Acumulação de competências tecnológicas e processos de aprendizagem; estruturas conceituais e experiências de empresas no Brasil. *mimeo* . Fundación Getulio Vargas - Escola de Administracao Pública.

Figueiredo, P. N. (2005). Acumulação Tecnológica e Inovação Industrial: conceitos, mensuração e evidência no Brasil. *São Paulo em Perspectiva , 19* (1), 54-69.

Figueiredo, P. N. (2004). Aprendizagem Tecnológica e Inovação Industrial em Economias Emergentes: Uma Breve Contribuição para o Desenho e Implementação de Estudos Empíricos e Estratégias no Brasil. *Revista Brasileira de Inovação, , 3* (2), 323-61.

Figueiredo, P. N. (2002). *Technological Capability-accumulation and the Underlying Learning Processes: Analytical Frameworks and Differences between Latecomer Steel Firms.* Copenhagen/Elsinore : Paper to be presented at the DRUID Summer Conference on "Industrial Dynamics of the New and Old Economy - who is embracing whom?".

Figueiredo, P. N. (2001b). Technological Capability-Accumulation Paths and the Underlying Learning Processes: A Review of Empirical Studies. *Journal of International Business Studies,Academy of International Business, Copenhagen Business School, .*

Figueiredo, P. N. (2001). *Technological Learning and Competitive Performance.* Reino Unido: Edwar Elgar.

Fonseca de A., R. (2007). Globalizacao de capacidades Tecnológicas Innovadoras e o Papel de Subbsidiarias de Empresas Transnacionais no contexto de paises em desemvolvimiento: a trajetoria de uma empresa de sector de TIC no Brasil. *Tesis presentada a la EBAPE-Escola Brasileira da Administracao Pública e de Empresas, CFPA-Centro de Formacao Academica e Pesquisa, para optar al grado en Mestrado Executivo em Gestao Empresarial* . Rio de Janeiro.

Gaynor, G. (1999). *Manual de gestión en tecnología.* Bogotá: Mc Graw-Hill Interamericana S.A.

Gerschenkron, A. (1962). Economic Backwardness in Historical Perspective. *Harvard University Press* .

Guadarrama, V. H. (2006). Vinculación y acumulación de capacidades tecnológicas en una empresa farmaceutica. El caso Probiomed. *I congreso Iberoamericano de ciencia, tecnología e innovación CTS + I.* México.

Hamel, G., & Prahalad, C. (1994). *Competing For the Future. .* Boston, MA.: Harvard Business School Press.

Hayami, Y., & Ruttan, V. (1971). *Agricultural development: an international perspective,.* Baltimore: The Johns Hopkins Press.

Henderson, D. (s.f.). Radiofarmacia – Parte 1. *Programa de Entrenamiento Asistido a Distancia para Tecnólogos en Medicina Nuclear* . Australia: Hospital Westmead, Sydney- OIEA - AusAID.

Henderson, D. (2002). Radiofarmacia – Parte 1. *Programa de Entrenamiento Asistido a Distancia para Tecnólogos en Medicina Nuclear* . Australia: Hospital Westmead, Sydney- OIEA - AusAID.
Hill, C., & Jones, G. (1995). *Strategic Management, Houghton Mifflin Company.* Colombia: McGraw-Hill.
Hobday, M. (1995). Innovation in East Asia: the challenge to Japan. *Aldershot: Edward ElgaR* .
Instituto Nacional de Cancerología E.S.E. (2007). *Nuevas Perspectivas de la Radiofarmacia Hospitalaria: "Radiofarmacia y Central de Mezclas para el Instituto Nacional de Cancerología E.S.E.".* Bogotá.
Instituto Nacional del Cáncer. (2010). Recuperado el 1 de 11 de 2010, de http://www.cancer.gov/diccionario/?CdrID=476884
Jaramillo, H.; Lugones, G.; Salazar, M. (2001). *Normalización de Indicadores de Innovación Tecnológica en America Látina y el Caribe "Manual de Bogotá".* Bogotá: Red Iberoamericana de Ciencia y Tecnología (RICYT) Organización de Estados Americanos (OEA).
Kim, L. (1998). Crisis Construction and Organizational Learning: Capability Building in Catching-up at Hyundai Motor. *ORGANIZATION SCIENCE , 9* (4), 506-521.
Kim, L. (1997). The Dynamics of Samsung's Technological Learning in Semiconductors,. *California Management Review , 39* (3), 86-100.
Lall, S. (1992). Technological capabilities and industrialization. *World Development. , 20*, 23-28.
Lall, S., & Teubal, M. (1998). "Market-Stimulating" Technology Policies in Developing Countries: A Framework with Examples from East Asia. *World Development. , 26* (8), 1369-85.
Lemos R., A. C., & Figueiredo, P. N. (2006). Aprendizaje Corporativo y acumulacao tecnológica: A Trajectoria de uma Empresa de Transmissao de energia Eléctrica no norte do Brasil. *Gestao y Producao , 13* (1), 31-44.
Leonard-Barton, D. (1998). *Nascentes do Saber: Criando e Sustentando as Fontes de Inovação.* Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas,.
Li, H. (2007). Autonomy and Accumulation of Technological Capability in Join Ventures in China. *Globelics-Russia-2007: Regional and National Innovation Systems for Development, Competitiveness and Welfare, the Government-Academy-Industry Partnership (theory, problems, practice and prospects); 5th International Conference.* Saratov-Rusia: Saratov State Technical University.
Malik J, B. C. (2006). *Positron-emission Tomography and Assessmente oNuf Cancer Therapy.* N. England: J Med.
Martinez R., J. (2004). *Capacidad de absorción, derramas tecnológicas y desempeño de las PYMES, el caso del sector maquinados industriales en ciudad Juárez.* México: Universidad Autonoma Metropolitana. Unidad Xochimilco.
Martins F., E. d., & Moraes Z., D. (2004). Transformação Tecnológica e Estratégia Competitiva: Um Estudo Multicaso. *REad , 10* (1).
Melo Gomez, M. (octubre de 2007). Generación de Capacidades Tecnológicas para el uso de tecnologías limpias en la industria cementera, caso Cemex Guadalajara. México: Universidad Autonoma Metropolitana Xochimilco.
Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1982). An Evolutionary Theory of Economic Change,. *Harvard University Press* , 437.
Nonaka, H., & Takeuchi. (1995). *The knowledge creating company: How Japanese Companies create the dynamics of innovation.* Nueva York: Oxford University Press.
OECD. (1997). *Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data, "Manual Oslo".* Oslo: Eurostat.
Ortega R., R. (2005). Aprendizaje y Acumulación de Capacidades Tecnológicas en un Grupo del Sector Siderúrgico. *INNOVAR Revista de Ciencias Administrativas y Sociales , 25*, 90-102.
Peppard, J., & Ward, J. (2004). Beyond strategic information systems: towards an IS capability. *Journal of Strategic Information Systems* (13), 167–194.
Pérez, A. L., Moreno, G., Santiago, H., & Díaz, I. (2006). Conformación de Proyectos de Gestión Tecnológica en Distribución Eléctrica, Utilizando Dinámica de Sistemas y Algoritmos Genéticos. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* , 31-43.
Petit T., E. E. (2007). Recursos, Capacidades y Competencias para Implementar Tecnologías Avanzadas en Empresas de Países en Vías de Desarrollo: Fundamentos Teóricos. *XI Seminario Iberoamericano de Gestión Tecnologica.* Salvador Bahia- Brasil.
Pino Marrugo, J. D. (2008). Análisis Tecnológicos (Diagnóstico Tecnológico): Herramienta De Toma De Decisiones, Empresarial Y Gestión Del Conocimiento. *I Congreso Internacional de Gestión Tecnológica e Innovación.* Bogotá.
Porter, M. (1987). *Ventaja competitiva. Creación y sostenimiento de un desempeño superior.* México: CECSA.
Prahalad, C., & Hamel, G. (May–June de 1990). The core competence of the corporation. *Harvard Business Review* , 79–91.

Robledo Velásquez, J., Gómez Jiménez, F. A., & Restrepo Arias, J. F. (2008). Relación Entre Capacidades Innovación Tecnológica y el Desempeño Empresarial Colombiano. *I Congreso Internacional de Gestión Tecnológica e Innovación.* Bogotá.

Salinas R., M. (2002). *Aprendizaje Tecnológico Y Sistemas De Aseguramiento De La Calidad En Empresas Del Sector Autopartes De México.* México: Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.

Sampedro H., J. L. (2003). Aprendizaje y acumulación de capacidades tecnológicas en la industria maquiladora de exportación: el caso de Thomson-Multimedia de México. *Tesis presentada a la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, para optar al grado en Maestría en Economía y Gestión del Cambio Tecnológico* . Xochimilco.

Santos L., C. (2007). Mensuração de Capacidade Tecnológica no Contexto de Industrialização Recente: Uma Breve Reflexão Crítica sobre Taxonomias e Evidências de Pesquisas Recentes. *Tesis presentada a la EBAPE-Escola Brasileira da Administracao Pública e de Empresas, CFPA-Centro de Formacao Academica e Pesquisa, para optar al grado en Mestrado Executivo em Gestao Empresarial* . Rio de Janeiro.

Santos L., C. (2007). *Mensuração de Capacidade Tecnológica no Contexto de Industrialização Recente: Uma Breve Reflexão Crítica sobre Taxonomias e Evidências de Pesquisas Recentes.* Dissertaca de Mestrado, EBAPE – Escola Brasileria de Administracao Pública e de Empresas, Rio de Janeiro.

Simonetti, R. (1996). Technical change and firm growth: "creative destruction" in the fortune Lis, 1963-1987. In F. Helmstadter, & M. Perlman, *Behaviorul Norms, Technological Progress, and Economic Dynamics.* Ann Arbor: University of michigan Press.

Solleiro, J. L. (1988). La gestión y la administración de tecnología. *Cuaderno del Instituto de Investigaciones Jurídicas , Año 3* (9).

Souto F., C. M. (2001). Acumulación de Competencias en Procesos y Productos y Aprendizaje Tecnológico. *Tesis presentada a la EBAPE-Escola Brasileira da Administracao Pública e de Empresas, CFPA-Centro de Formacao Academica e Pesquisa, para optar al grado en Mestrado Executivo em Gestao Empresarial* . Rio de Janeiro.

Suárez Uribe, E., & Garavito Rojas, S. B. (2006). *Evaluación de la gestión tecnológica orientada al manejo de la innovación tecnológica y la transferencia de tecnología: estudio de Benchmarking como herramienta de diagnóstico en empresas que desarrollan procesos biotecnológicos en Colombia.* Recuperado el 28 de Febrero de 2009, de Red Umbral Científico: http://site.ebrary.com/lib/bibliotecaustasp/docDetail.action?docID=10113391&p00=gesti%C3%B3n%20tecnol%C3%B3gica

Tacla, C. L. (2002). Acumulación de Competencias Tecnológicas y los Subyacentes de Aprendizaje en industrias de Bienes de Capital: el caso de kvarner Pulping en Brasil. *Tesis presentada a la EBAPE-Escola Brasileira da Administracao Pública e de Empresas, CFPA-Centro de Formacao Academica e Pesquisa, para optar al grado en Mestrado Executivo em Gestao Empresarial* . Rio de Janeiro.

Teece, D., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal* (18), 509–533.

Tidd, J. (2000). *From knowledge Management to Strategic Competence.* UK: University of Sussex.

Torres V., A. (2006). Aprendizaje y Construcción de Capacidades Tecnológicas. *Journal of Technology Management & Innovation , 1* (5).

Tunzelmann, D. v. (1995). *Technology and industrial progress: the foundations of economic growth.* Edward Elgar Publishing.

UNIDO. (s.f.). *UNIDO (United Nations Industrial DevelopmentOrganization)*. Recuperado el 10 de 10 de 2010, de http://www.unido.org

Vega L., C. A. (2005). *Integración de herramientas de tecnologías de información "portales colaborativos de trabajo" como soporte en la administración del conocimiento.* Puebla 2005: Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla Centro Interdisciplinario de Posgrados.

Winter, S. (1987). Knowledge and competence as strategic assets. . En D. (. Teece, *The Competitive Challenge: Strategies for Industrial Innovation and Renewal.* (págs. 159–184.). Cambridge, MA,: Ballinger, .

Zoltán, S. (1993). *La gestión de la innovación tecnológica en la biotecnología. Biotecnología: legislación y gestión para América Latina.* México.