



Revista Facultad de Ciencias Económicas:
Investigación y Reflexión

ISSN: 0121-6805

economía.neogranadina@umng.edu.co

Universidad Militar Nueva Granada
Colombia

HERNÁNDEZ UMAÑA, IVÁN DARÍO; ÁVILA FORERO, RAÚL ANDRÉS
PARADIGMA TECNO-ECONÓMICO DEL SECTOR ELÉCTRICO EN COLOMBIA A TRAVÉS DE
INNOVACIONES TECNOLÓGICAS, ORGANIZACIONALES, FINANCIERAS Y DE MERCADEO.

CASO DE ANÁLISIS: ISA. S.A.

Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión, vol. XVIII, núm. 1, junio, 2010,
pp. 7-42

Universidad Militar Nueva Granada
Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90920479001>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

PARADIGMA TECNO-ECONÓMICO DEL SECTOR ELÉCTRICO EN COLOMBIA A TRAVÉS DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS, ORGANIZACIONALES, FINANCIERAS Y DE MERCADEO. CASO DE ANÁLISIS: ISA. S.A.*

IVÁN DARÍO HERNÁNDEZ UMAÑA** & RAÚL ANDRÉS ÁVILA FORERO***
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Recibido/ Received/ Recebido: 11/12/2009 - Aceptado / Accepted / Aprovado: 15/04/2010

Resumen

Este artículo elabora un recuento de la evolución histórica que ha desarrollado el sector eléctrico en Colombia desde finales del siglo XIX hasta inicios del siglo XXI en cuanto a la evolución de las diferentes innovaciones tecnológicas desplegadas en el país, acompañadas a lo largo del tiempo por innovaciones de tipo organizacional, financieras y de mercadeo. De esta forma se pretende proporcionar un avance metodológico para el seguimiento histórico de los mercados eléctricos que ayude a solucionar un problema encontrado en el avance de mercados consolidados en países en desarrollo, como es el atraso del efecto de difusión tecnológica de los países adelantados industrialmente hacia los países rezagados. Una primera aproximación muestra que Colombia presenta un atraso en su ciclo de desarrollo tecnológico y que una primera oleada tecnológica se encuentra actualmente en su fase de madurez. Se muestra a ISA S.A. como grupo empresarial ejemplo de este proceso.

Palabras clave: evolucionismo, brecha tecnológica, mercado eléctrico, innovación.

TECHNO-ECONOMIC PARADIGM OF ELECTRIC SECTOR IN COLOMBIA THROUGH TECHNOLOGICAL, ORGANIZATIONAL, FINANCIAL AND MARKETING INNOVATIONS: CASE OF ISA S.A.

Abstract

This paper presents a review to historical development of electric sector in Colombia since the ends of XIX century until beginning of XXI century. The analysis is focused on the evolution of various technological innovations of organizational, financial and marketing type. This paper provides a methodological advance for historical following of electric markets, which help to solve the problem of technological diffusion effect of industrialized countries toward undeveloped countries. It was examined if Colombia has had longer periods of technological diffusion and, if this process is showed in longer transition technological progress overlapping waves comparing to what happens in other more developed markets. We found that Colombia presents a delay in its technological

* Dos documentos preliminares de esta investigación han sido presentados como capítulos de libros editados por el CID y la FCE UNAL desarrollados como insumos de esta tesis, los libros son: 1. Sistemas de Seguimiento a Mercados Eléctricos Internacionales (2006) y 2. Empresa, Innovación y Desarrollo (2008).

** Profesor Asociado Escuela de Economía. Universidad Nacional de Colombia. Director del Grupo de Economía Evolucionista e institucional. E-mail: idhernandezu@unal.edu.co

*** Profesor Auxiliar Escuela de Economía. Universidad Nacional de Colombia. Teoría Moderna de la Firma. E-mail: raavilaf@unal.edu.co

development cycle and one first technological wave is now in its maturity phase. The ISA S.A. enterprise group is taken as an example of this process.

Keywords: evolutionism, technological gap, electrical market, innovation.

PARADIGMA TECNO-ECONÔMICO DO SETOR ELÉTRICO NA COLÔMBIA. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS, ORGANIZACIONAIS, FINANCEIRAS E DE MERCADEJO: EL CASO DE ISA S.A.

Resumo

Neste artigo apresenta-se uma revisão do desenvolvimento histórico do setor elétrico na Colômbia desde o final do século XIX até os inícios do século XXI. A análise se enfoca na evolução das diferentes inovações tecnológicas implantadas no país, paralelas as inovações organizacionais, financeiras e de marketing. O documento contribui com um avanço metodológico para o acompanhamento histórico dos mercados da eletricidade, para ajudar a resolver o problema do efeito de difusão de tecnologia dos países industrialmente avançados para os países em envolvimento. Examinamos se na Colômbia têm sido longos períodos de difusão tecnológica e se este processo é a sobreposição de ecos mais amplos do progresso tecnológico de transição, procedentes de outros mercados mais desenvolvidos. O ciclo de desenvolvimento tecnológico colombiano é retrasado, mas a primeira onda da tecnologia está a alcançar sua fase de maturidade. Um exemplo deste processo é o grupo empresarial ISA S.A.

Palavras chave: evolucionismo, brecha tecnológica, mercado elétrico, inovação

Ávila, R. & Hernández, I. (2010) Paradigma tecno-económico del sector eléctrico en Colombia a través de innovaciones tecnológicas, organizacionales, financieras y de mercadeo. Caso de análisis: ISA. S.A. En: Revista de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Militar Nueva Granada. rev.fac.cienc.econ, XVIII (1)

JEL: B52, N76, O33

1. Introducción

El influyente economista del siglo dieciocho Adam Smith en su obra "Investigación sobre la Naturaleza y Causa de la Riqueza de las Naciones" desarrolló una importante teoría que cuenta con una especial pertinencia para el caso del mercado eléctrico. Su hipótesis recalca que la división del trabajo no sólo está determinada sino que, a su vez, determina la extensión del mercado. Para el caso de estudio, a medida que el mercado de electricidad ha ido evolucionando de una interconexión de nivel municipal, a una de nivel regional, a otra de nivel nacional y, en los últimos años, a otra de nivel internacional, mayor ha sido la división del trabajo requerida para

atender las cambiantes y nuevas necesidades de provisión de energía eléctrica, así como las innovaciones desarrolladas que jalonan y responden al crecimiento de la economía.

Esta famosa investigación de Smith constituye la base de su planteamiento acerca de la causa y naturaleza del desarrollo de los sistemas económicos. Su investigación arroja como resultado que la división del trabajo dentro y entre las firmas hace que los trabajadores y las empresas se especialicen e incrementen sus habilidades a través de los procesos de aprendizaje (por ejemplo, ilustración por la práctica, por el uso, por la lectura, entre otros). La producción laboral tendería a incrementarse, lo cual

podría llevar potencialmente, junto a la suma de otros factores a un mayor volumen de ventas y a un incremento del mercado al cual llegaría el producto o servicio ofrecido.

El potencial aumento de la demanda por productos incentivaría a los dueños a expandir sus actividades y a subdividir el proceso del trabajo aún más. El aprendizaje y la interrelación con el mercado por tanto conlleva a una mejora en las habilidades y cambio en el conocimiento de las empresas y la industria; las estructuras mentales, sus objetivos y concepciones, no permanecen sin cambios, por el contrario, estas evolucionan junto con los mercados (Ávila & Hernández 2005; 50).

En la bibliografía económica la co-evolución se ha tomado como herramienta para analizar una gran diversidad de fenómenos interactivos de variados agentes, instituciones y situaciones económicas. Nelson (2002), Carney & Gedajlovic (2000), Lewin, Long & Carroll (1999) y Levithal & Myatt (1994), entre otros autores, han trabajado sobre la metodología de análisis de co-evolución entre firma y mercado como retroalimentación de la una a la otra que van evolucionando en un “diálogo o dialéctica”.

Aunque el desarrollo planteado anteriormente se genera en todos los países y en todos los mercados, no se desarrolla a una misma velocidad ni paridad en países desarrollados (PD) y en países subdesarrollados (PED); las oleadas de innovaciones tecnológicas, la aplicación de desarrollos científicos a la producción, el componente mayor de conocimiento involucrado, las estructuras horizontales integradas y los sistemas flexibles de producción, todas estas características del nuevo modelo de producción, generalmente son asimiladas primero por el mercado

en países con buenas instituciones y se quedan rezagadas en países que han heredado instituciones extractivas (Acemoglu et al., 2005)¹.

Este artículo elabora un recuento de la evolución histórica que ha presentado el sector eléctrico colombiano desde finales del siglo XIX hasta inicios del siglo XXI en cuanto a la variedad, cambio y distribución de diferentes tipos de innovaciones presentes en el desarrollo del sector eléctrico colombiano. De esta forma se pretende proporcionar un avance metodológico para el seguimiento histórico de los mercados eléctricos y se busca responder a las preguntas: ¿se han dado períodos más largos de difusión tecnológica y se han tratado oleadas traslapadas de progreso tecnológico de transición más extensas en el mercado eléctrico colombiano que las que se han generado en mercados de países desarrollados?; así mismo, se quiere probar: ¿qué determina que el desarrollo del sector eléctrico colombiano tenga un ciclo de vida tecnológico en el campo de la electricidad más extenso que el dado en países desarrollados? y si ¿el desarrollo institucional ha impactado en el progreso del sector, mirando como caso de análisis al grupo empresarial ISA S.A.?

Para responder a estas interrogaciones se utiliza el análisis de la evolución en la participación porcentual de las innovaciones tecnológicas encontradas a través de la historia del desarrollo del sector eléctrico colombiano y paralelamente se plantea el análisis de las innovaciones organizacionales, financieras y de mercado que han sucedido para cuatro períodos históricos² (inicios electrificación en Colombia hasta finales de los años 20, de 1921 a 1950, de 1951 a 1980 y de 1980 a 2007). Este análisis se aterriza en las condiciones particulares del sector eléctrico en Colombia, puesto que el desarrollo histórico

¹ Generalmente el institucionalismo evolucionista las muestra como las instituciones no extractivas, acuerdos sociales que tenían límites constitucionales y sociales a grupos políticos y élites, previsión contra problemáticas sociales, control a los derechos de propiedad, iguales oportunidades y accesos relativos a la inversión y que generan una menor volatilidad en los agregados macroeconómicos y las decisiones políticas.

² En la literatura del paradigma tecno-económico de los ciclos económicos se caracterizan períodos de 40-60 años (ver Pérez, 2005) que son los que generalmente se ha desplegado en países con alto grado de innovaciones tecnológicas para el desarrollo de las fases del ciclo; aunque no es un parámetro establecido el número de años, si puede dar aproximaciones cercanas sobre lo que sucede en cada período. Para el caso de estudio colombiano, al hacer un barrido y clasificación inicial de las innovaciones encontradas, se notó que los períodos se podrían clasificar por grupos de 30 años en promedio, tiempo en el cual se podría estudiar en detalle el desarrollo de las fases del ciclo de desarrollo tecnológico en el país.

colombiano es muy diferente incluso al de países vecinos (García, et al., 2006); además, la teoría sobre evolucionismo es formulada a partir de contextos de PD y no se puede ver su aplicabilidad total en países en subdesarrollo. Al desarrollar un análisis particular en PED se podría potenciar la capacidad explicativa de estas teorías (Vargas, et al., 2003).

Con base en las innovaciones encontradas se procedió posteriormente a analizar los diferentes porcentajes de las innovaciones y su variación de un período a otro. La metodología establece cuáles han sido las diferencias preponderantes en los tipos de innovación entre los períodos que marcan la evolución histórica del sector. De esta manera puede ofrecerse una aproximación a la co-evolución entre mercado y división del trabajo en el sector eléctrico vía el desarrollo de las innovaciones. Se evaluaron los períodos para determinar si existen aceleraciones o desaceleraciones y se procedió a examinar el ciclo de vida de la revolución tecnológica del mercado eléctrico colombiano para identificar el grado de madurez y saturación en el que posiblemente se encuentra Colombia a finales de la primera década del siglo XXI.

La investigación está sustentada teóricamente por los desarrollos de la economía evolucionista, la teoría de la co-evolución y los desarrollos analíticos de Carlota Pérez (2002), como ejes centrales. El caso de estudio es a nivel nacional, dado que el período comprende desde finales del siglo XIX, hasta inicios del siglo XXI, tiempo en el cual aún no se puede hablar de mercado nacional interconectado internacionalmente, salvo pequeñas interconexiones entre Colombia, Perú y Ecuador.

Se analizó, así mismo, el desempeño en los procesos y cambios de la propiedad dentro del grupo empresarial ISA S.A., así como su desarrollo histórico y el desenvolvimiento a través del tiempo y se vio si los procesos de innovación en los que están inmiscuidos diferentes actores y el mismo grupo empresarial llevó o no a la democratización de la propiedad de la compañía logrando responder a los

cuestionamientos de si ¿es esto un reflejo del desenvolvimiento propio del paradigma tecno-económico visto para una de las principales empresas del sector eléctrico colombiano? y así mismo ver ¿qué condiciones particulares han matizado el impulso y apoyo en el grupo empresarial ISA S.A. como ejemplo del desarrollo empresarial en el sector eléctrico colombiano para impulsar su expansión hacia el extranjero y el alto grado de desarrollo de innovaciones?, apoyado en los desarrollos de la economía evolucionista.

2. Co-evolución, economía y sector energético

La co-evolución es un término que está relacionado principalmente con el estudio de la biología. Resalta la influencia evolutiva mutua de dos o más “individuos” o “especies”³ que se sitúan dependientes los unos de los otros y se asume como las interacciones que ayudan de cierta manera a la evolución de los procesos en respuesta a cambios en otros eventos. También plantea que existen mecanismos que sistemáticamente muestran los efectos de esas variaciones y se presume que existen fuertes tendencias inerciales que preservan lo que ha sobrevivido a las fuerzas de selección. El proceso coevolutivo presume que existen fuerzas que siguen introduciendo nuevas innovaciones en los modelos evolutivos.

Muchos creen hasta hoy que los diferentes tipos de especies se desarrollan de adentro hacia fuera con una dirección determinada desde un grado elemental hasta un grado de complejidad alto. Esto es imposible puesto que no existen genes (rutinas en el caso económico) que puedan predeterminar una orientación semejante (Weise, 1997). La única explicación que se acepta actualmente como segura es la teoría darwinista de la evolución. De acuerdo con esta teoría, las especies surgen y se transforman como resultado de mutaciones (innovaciones en el caso económico) de un tipo en particular, generando cambios y adaptaciones de toda una población (firmas en el caso económico).

³ Nos podemos referir en términos económicos a los denominados agentes económicos.

Las características de la co-evolución, aplican tanto a teorías biológicas, teorías de inteligencia artificial (algoritmos genéticos), como a modelos económicos o sociales en los que está incluido un mercado eléctrico. La biología hace uso de muchos conceptos que no son utilizados en la aplicación de la teoría evolutiva a otros campos y, por otra parte, existen teorías despreciadas en la biología pero aplicables en otros análisis. Sin embargo, existen analogías relevantes y la extrapolación de las particularidades de teorías co-evolutivas son de gran utilidad, por ejemplo, el cambio tecnológico es análogo (de forma heurística) a la evolución biológica y el conocimiento de cómo producir un bien o servicio, en una forma particular, es análogo a las especies, y los cambios en ellos tienen un carácter evolutivo (Mokyr, 1990).

La idea básica de la economía evolucionaria o co-evolucionaria (Hodgson, 1993; Gowdy 1994) radica en reconocer que desde una perspectiva integradora propia de los sistemas biológicos, en economía los procesos también son irreversibles, accidentales y acumulativos, por lo que los equilibrios estables (estado estacionario) son muy difíciles de conseguir, dada la velocidad a la que se producen los cambios. En éste sentido se destacan los trabajos de Norgaard (1984; 1994) quien introdujo el término de co-evolución en economía y cuya posición es claramente crítica con el convencionalismo de la economía tradicional.

Para nuestro caso de análisis, el sector eléctrico podrá ser comprendido como un “ecosistema artificial” en el que conviven diversos agentes, (generadores, transmisores, distribuidores, comercializadores, reguladores y clientes, por ejemplo). Un ecosistema puede ser definido como un sistema en donde componentes activos e inactivos funcionan conjuntamente siguiendo reglas de convivencia previamente definidas, que es una definición válida para un mercado económico, abstrayendo a los componentes activos e inactivos como agentes económicos.

Nelson (1995) propone un concepto general de teoría evolucionista con las siguientes particularidades que se pueden caracterizar al análisis respectivo de un mercado como el eléctrico:

1. La teoría propone que la variable o el sistema en cuestión está sujeto a variación aleatoria o perturbación de alguna clase y también plantea que hay mecanismos que sistemáticamente disminuyen esa variación. (Crisis energéticas, marcos regulatorios, eventos climáticos, entre otros).
2. Atención sobre una variable o conjunto de variables cambiantes con el tiempo y la búsqueda teórica del entendimiento del estado actual de una variable o un sistema, en términos de cómo llegó ahí (generación, capacidad instalada, aprovechamiento hidroeléctrico, intensidad eléctrica, consumo eléctrico per cápita, tarifas, entre otras).
3. Buena parte del poder explicativo o predictivo de esa teoría tiene que ver con su especificación de las fuerzas sistemáticas de selección: las macro-tendencias y micro-tendencias o macro-mutaciones y micro-mutaciones⁴ desde el punto de vista biológico, pueden ser vistas dentro del mercado eléctrico y serían los aspectos que determinan el rumbo y trayectoria del sector a través de las innovaciones.
4. La teoría presume que hay fuertes tendencias inerciales que preservan aquello que ha sobrevivido al proceso de selección. Las empresas más grandes y/o desarrolladas que han logrado adaptarse a los cambios institucionales, regulatorios y crisis de abastecimiento energético como ventaja selectiva a través del desarrollo de innovaciones tecnológicas, organizacionales, financieras y de mercado, han perdurado en el tiempo, como en el caso colombiano la Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P. - EEB e Interconexión Eléctrica S.A. - ISA, (la empresa caso de análisis de esta investigación).
5. En muchos casos asimismo hay fuerzas que se extienden introduciendo nueva multiplicidad, lo

⁴ Como las llama Richard Goldschmidt (1940), dentro de la concepción del saltacionismo, donde las macro-tendencias son las que más perduran en el tiempo, las micro-tendencias son las que dan origen a comportamientos de corto plazo o pasajeros; las macro-mutaciones entendidas en biología como las que tratan de explicar el origen de las características distintivas de los grandes grupos taxonómicos, las micro-mutaciones entendidas como las pequeñas variaciones genéticas no radicales.

que constituye nuevos argumentos para el filtro de la selección. (Este proceso selectivo es dinámico y no se detiene, por eso generalmente las empresas generadoras, trasmisoras, distribuidoras y comercializadoras que logran permanecer en constante adaptación a los cambios externos, logran permanecer como líderes innovadoras en el tiempo, por ejemplo, las dos empresas mencionadas en el anterior ítem).

El incremento en la productividad es la fuerza motriz del desarrollo económico: es la fuente primordial de competitividad, y el elemento esencial que determina las ganancias en una empresa dentro de un sector productivo. Todo incremento en la productividad se refleja en un incremento de la rentabilidad, a menos que la competencia obligue a trasladar el incremento a los precios (EAFIT, 2004), y es por medio del desarrollo de innovaciones que las firmas buscan aumentar la rentabilidad, un mejor o estable posicionamiento en el mercado a través del diseño de estrategias ofensivas (procesos de innovación), defensivas (mantenimiento en el mercado), tradicionalistas (no se responde necesariamente con un aumento productivo), imitativas (firmas seguidoras que tratan de igualar el producto de las empresas innovadoras) o dependientes, (firmas sub-contratistas, estrategia subordinada) ver Lipczynski & Wilson, (2001).

3. Innovaciones y paradigma tecno-económico

En la literatura económica las innovaciones⁵ son definidas como el conjunto de actividades inscritas en un determinado período de tiempo y lugar que conducen a la introducción con éxito en el mercado, por primera vez, de una idea en forma de nuevos o mejores productos, servicios o técnicas de gestión y organización (Pavón & Hidalgo 1997). El Manual Frascati (OECD, 1996; 19) define innovación como

la transformación de una idea en un producto nuevo o mejorado que es introducido en el mercado, o en un proceso de fabricación nuevo o significativamente mejorado utilizado en la industria o en el comercio⁶, y, retomando las ideas planteadas acerca de la caracterización específica de la novedad que define a la innovación, ésta debe serlo para el mercado en el que se desenvuelven la firmas⁷. (Vargas, et al, .2003).

Se puede entender, además, el proceso en el cual a partir de una idea, invención o reconocimiento de necesidad se desarrolla un producto, técnica o servicio útil que se ha aceptado comercialmente. Para Nelson la innovación se define como “Un cambio que requiere un considerable grado de imaginación y constituye una rotura relativamente profunda con la forma establecida de hacer las cosas y con ello crea fundamentalmente nueva capacidad” (1995,10).

La innovación no está restringida solamente a la creación de nuevos productos: una innovación puede también referirse a un nuevo servicio (nuevas formas de crédito, servicios financieros, etc.) o a cómo se vende o distribuye un producto (ampliación de la red de transmisión y distribución eléctrica), además, se debe entender la innovación como un sistema de interacciones y retroalimentaciones entre las diferentes funciones, y ente participantes cuya experiencia y conocimientos se refuerzan mutuamente y se acumulan (Vargas, et al, 2003). La innovación es el elemento clave que explica la competitividad. Porter (1982), afirmó: “La competitividad de una nación depende de la capacidad de su industria para innovar y mejorar. La empresa consigue ventaja competitiva mediante innovaciones”(pág. 23).

En su artículo “Innovation Systems and Developing Countries”, Arocena & Sutz, (2002,11) plantean algunas de sus conclusiones sobre los procesos de innovación en América Latina: “(...) la innovación

⁵ Una revisión de la literatura sobre innovación muestra una variedad de ángulos desde donde el tema ha sido estudiado. Por mencionar algunos ejemplos: Schumpeter (1935), estudia el proceso innovador como un todo: introducir un nuevo bien en el mercado, la incorporación de un nuevo proceso, nueva forma de comercializar un producto existente o la apertura de un nuevo mercado; Tushman (1977) analiza la innovación como un proceso de información; Rogers (1983) se concentra en la difusión como parte del proceso de innovación y así, la lista es larga.

⁶ Esta definición es una aproximación más detallada de lo que analizamos como innovación tecnológica.

⁷ Para nuestro caso de estudio, el mercado eléctrico de Colombia.

-formal, informal y aún intersticial- es parte de la realidad del continente (...) la innovación industrial es altamente informal; en particular, aún si en una proporción importante de las empresas industriales realizan tanto innovación de producto como de proceso, las actividades de I + D no están claras ni formalmente articuladas con la estrategia empresarial” (2002, 11).

Un concepto clave para descifrar éste proceso es el de “paradigma tecno-económico” definido como el conjunto de tecnologías ubicuas y principios organizativos genéricos que conforman y condicionan las oportunidades en cada período. Dado que cada revolución tecnológica conduce a un cambio de paradigma, es vital comprender sus principales características, pues su aplicación puede rejuvenecer la mayoría de las tecnologías establecidas y experimentadas y servir de criterio para diseñar instituciones adecuadas y políticas eficaces.

Como lo menciona Hernández (2004), la relación entre firmas son, básicamente, las externalidades negativas y positivas que se generan recíprocamente por medio de un mecanismo conocido como difusión tecnológica (Nelson, 1968 y Metcalfe, 1998 y 2000). En el caso colombiano es mucho mayor el peso positivo que tienen las firmas con tecnología moderna en la determinación de la productividad y de la innovación sectorial e industrial. Sin embargo, las firmas tradicionales son preponderantes en la subutilización de recursos: gran parte de la mano de obra se encuentra empleada en estas firmas. Esto reafirma el hecho de la influencia positiva de los procesos de innovación para el crecimiento económico.

En las últimas décadas se ha dado un cambio en el paradigma tecno-económico manifestado, no sólo en la reducción de los costos unitarios laborales debido a un cambio tecnológico, sino también, en el cambio organizacional⁸ de la economía que ha afectado el desempeño económico en los niveles: firma,

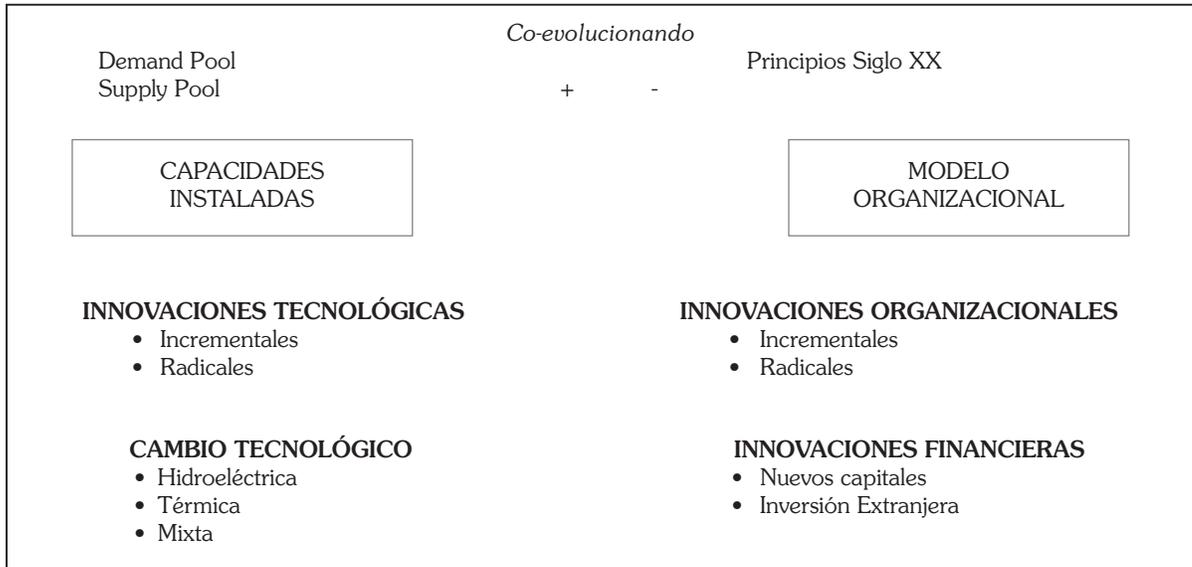


Ilustración 1. Co-evolución en el mercado eléctrico⁹

⁸ Manifestado como se verá más adelante en el decrecimiento porcentual de las innovaciones organizacionales y el crecimiento de las innovaciones financieras y de mercado en Colombia, en los últimos 30 años del análisis.

⁹ Fuente: Elaboración propia.

sectorial e industrial (Pérez, 2003). Este proceso de cambio organizacional acompañado de cambio tecnológico es denominado, por Nelson (2000), la co-evolución de tecnologías físicas y tecnologías sociales (ver Ilustración 1).

El sector eléctrico colombiano ha presentado en más de un siglo de existencia, un proceso histórico lleno de sucesos, progresos y conflictos, los cuales han estado familiarizados con la estructura económica nacional y con la política que en materia de desarrollo eléctrico ha venido adelantando el país, especialmente con fuerza, en la década de los noventa. Una forma de poder analizar el proceso coevolutivo del mercado eléctrico colombiano es a través de un recorrido histórico de éste sector, identificando las diversas innovaciones presentadas y su co-evolución sucedida desde finales del siglo XIX hasta inicios del siglo XXI.

4. Resultados del análisis

Basados en libros y anales históricos del sector, en la indagación de motores de búsqueda en internet, en los principales diarios de circulación nacional, las páginas web de los entes reguladores y planeadores centrales, se adelanta un barrido histórico¹⁰ para el sector eléctrico colombiano, donde se encuentra como resultado a nivel agregado cuatro períodos de análisis¹¹ con los que se construyen matrices por años que van a servir de insumo para responder a las preguntas: ¿cómo se han desarrollado las innovaciones tecnológicas y cuáles tipos de innovación se han presentado predominantemente dentro de las distintas fases de desarrollo tecnológico descritas a través de la historia del sector eléctrico colombiano?

Se caracterizan cuatro diferentes tipos de innovaciones (tecnológicas, organizacionales, financieras y de mercadeo o “de mercado”) encontradas en el sector eléctrico a través de su desarrollo histórico en los diferentes períodos de estudio, determinados por cortes en años en los cuales se presentan cambios estructurales en el mercado eléctrico, Weise (1997)¹². En el análisis se determinan las participaciones porcentuales de cada tipo de innovación por período de tiempo; se miran las variaciones porcentuales de un período a otro y se determina cuál innovación ha crecido más con respecto a las otras (viendo la velocidad de cambio de la innovación) de una fase de análisis a otra y esto da una guía de cómo ha evolucionado el ciclo tecnológico del sector eléctrico colombiano; todo esto enmarcado bajo un análisis de qué aspectos son los más destacados para cada período caracterizado dentro del mercado (éstos son los hitos o aspectos claves que han ido marcando el rumbo evolutivo del sector eléctrico en Colombia).

Es importante destacar que aunque el eje central de análisis son las innovaciones tecnológicas, se adopta una perspectiva evolucionista del proceso innovador; no se pueden mirar los resultados de manera aislada, sino que se deben entender los esfuerzos, mecanismos, gestión y procesos adelantados por el país y las firmas en el desarrollo para alcanzarlos (Vargas, et al., 2003); se deben tener en cuenta otros tipos de innovaciones que han sucedido en el mercado y la relación e interacción de las mismas a través del tiempo de análisis. Antes de mostrar los primeros resultados se hará una breve definición de cada tipo de innovación examinada, en la cual se ciñó el análisis desplegado y con la que se tiene un criterio a la hora de determinar y clasificar las

¹⁰ La búsqueda de los diferentes tipos de innovaciones se determino a través de un barrido histórico del mercado eléctrico de Colombia; para ello se apoyo el análisis en la consecución de información en anales históricos del sector eléctrico como por ejemplo Sanclemente (1993), libros de recopilación histórica de las compañías del ramo, revistas generales y especializadas, artículos periodísticos, documentos de Internet, consultas a expertos en el tema eléctrico y a la investigación de compañías del sector (ISA, Codensa y la EEB).

¹¹ Período 1: Inicios electrificación en Colombia hasta finales de los años 20; período 2: de 1921 a 1950; período 3: de 1951 a 1980 y período 4: de 1980 a 2007.

¹² Estos cortes de años se presentan generalmente por cambios significativos de la regulación, fenómenos climáticos que alteren la forma de generación eléctrica para abastecer la demanda o la llegada de nueva tecnología que cambie significativamente la generación en términos de eficiencia, como p.ej. el cambio de generación hidroeléctrica por generación termoeléctrica producto de un hallazgo bastante importante de gas que potencie procesos de innovación a través de desarrollos de turbinas a gas, como ya lo mencionamos, los períodos se delimitaron en el análisis con cortes de 30 años.

innovaciones encontradas en el sector eléctrico colombiano, que se muestran a continuación:

1. **Innovaciones tecnológicas:** Gran cantidad de especialistas han propuesto la teoría en la que la tecnología evoluciona y va cambiando como respuesta a los cambios surgidos en el mercado. Existen distintas opciones para la incorporación o renovación de tecnología en los mercados y la que tiene una mayor adaptación a la función determinada tendrá la tendencia a continuar su desarrollo. La innovación tecnológica puede ser considerada como un motor coevolutivo de los mercados que opera como una respuesta a necesidades u oportunidades detectadas. La innovación tecnológica es el acto frecuentemente repetido de aplicar cambios técnicos nuevos a la empresa o al mercado, para lograr beneficios mayores, crecimientos, sostenibilidad y competitividad (Machado, 1997).
2. **Innovaciones organizacionales:** Es necesario entender la manera en que las complejas cadenas productivas de la sociedad operan para comprender sus procesos de evolución; una forma de comprender cómo evoluciona un mercado hacia una trayectoria es comprender cómo el mercado y las firmas interactúan en la formación de nuevas estructuras organizacionales, nuevas empresas desarrolladas a través de procesos de escisión, privatización o creación de empresas que tienen diversos efectos en las necesidades de recursos humanos de las compañías.
3. **Innovaciones financieras:** El desarrollo de formas de financiamiento tanto interno como externo se hace necesario para responder a las necesidades que surgen del mercado. El Estado nacional y municipal con capital público, la banca multilateral, los capitales privados y mixtos y la capitalización de las firmas entre otras formas de financiamiento surgen como las alternativas para el desarrollo de nuevos proyectos y la reestructuración de otros.
4. **Innovaciones de mercado:** Son el desarrollo de nuevas oportunidades de negocio, y

la integración de mercados que antes se encontraban desintegrados.

Una de las formas de hacer el análisis de co-evolución entre las firmas y el mercado eléctrico es por medio de detectar las tendencias de los mercados, y estas tendencias se identifican bajo este estudio a través de las innovaciones presentes. La distribución relativa de estos cuatro tipos de innovación es diferente a través de los períodos analizados para el país y darán una guía para poder aproximarnos a si se cumple o no con los planteamientos teóricos trazados por la teoría evolucionista y los esbozos teóricos de Carlota Pérez (2005).

4.1. Ciclo tecnológico en el sector eléctrico Colombiano

En su evolución, el sector eléctrico colombiano se ha relacionado bastante con la participación del modelo de producción y el diseño de una política económica e industrial para el desarrollo económico, aunque con notables rezagos en el progreso tecnológico; este desarrollo a largo plazo está catapultado por el avance implacable de la tecnología (Pérez, 2002) donde se parte del hecho que el progreso ocurre con oleadas traslapadas de 40 a 60 años promedio (Ver Ilustración 2) que son impulsoras de sucesivas revoluciones tecnológicas en los últimos 200 años, desde la Revolución Industrial de 1.771 hasta la era de la biotecnología, la nanotecnología y la bio-electrónica de finales del siglo XX e inicios del XXI.

Al analizar con detalle la Ilustración 2, encontramos que la caracterización teórica típica de un ciclo de desarrollo tecnológico en PD está definida por oleadas de cuatro fases: irrupción, frenesí, sinergia y madurez y que dura aproximadamente entre 40 y 60 años, tiempo en el cual surge de nuevo otro ciclo de desarrollo tecnológico preponderante y que mantiene una trayectoria creciente en cuanto a progreso tecnológico. Cada una de estas revoluciones tecnológicas trae consigo un diverso potencial de crecimiento y, provoca una transición difícil entre una y otra revolución (Pérez, 2000) y mucho más entre PD y PED (por eso hacemos el análisis de cómo se desarrolla este paradigma en un mercado de un PED, analizando si esa transición dura el

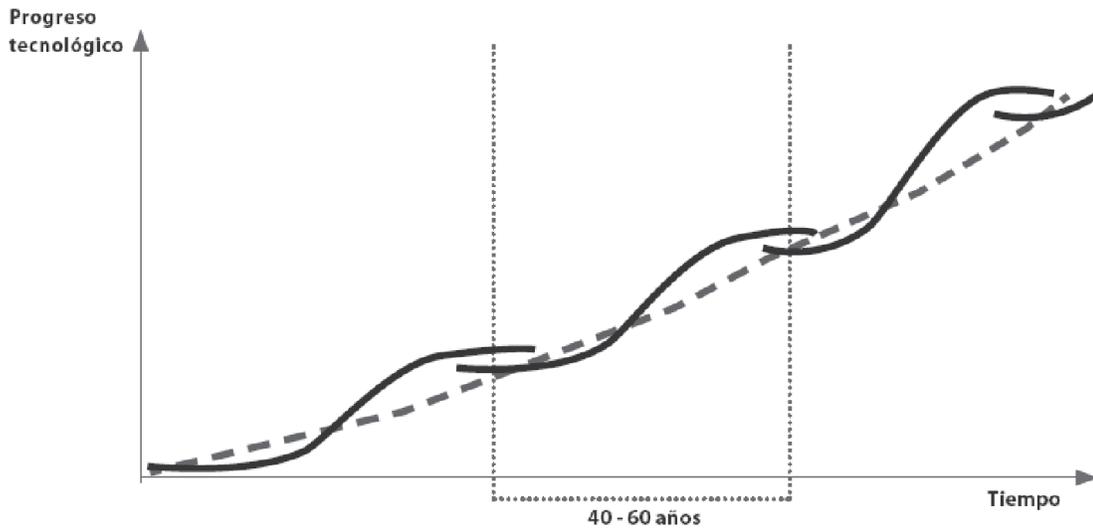


Ilustración 2. Oleadas de revoluciones tecnológicas en países desarrollados¹³

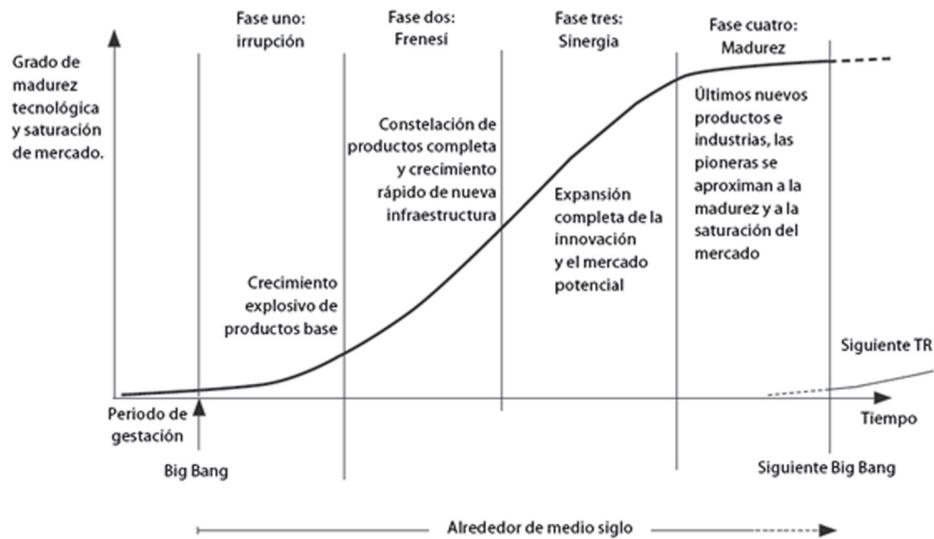


Ilustración 3. Caracterización del ciclo de desarrollo tecnológico desde la óptica de Carlota Pérez¹⁴

¹³ Fuente: Pérez (2002).

¹⁴ Fuente: Pérez (2002).

mismo tiempo o no, comparándola con lo que se plantea para PD).

Estas cuatro fases que mencionamos anteriormente caracterizan los momentos de despegue, irrupción, crecimiento y agotamiento (ver Ilustración 3). Más adelante tomaremos como referencia las características presentes en cada fase que se vislumbran en la Ilustración para analizar y extrapolar esas fases con las observadas en el ciclo de desarrollo del mercado eléctrico colombiano.

Utilizando el patrón encontrado a través de la búsqueda de las innovaciones, la exploración propuesta en la investigación analizará si efectivamente, cada una de las fases en las cuales se planteó el desarrollo del sector eléctrico en Colombia, corresponde o no a lo que nos sugieren los planteamientos teóricos presentados para cada una de las fases mencionadas con anterioridad.

Una primera aproximación al diagnóstico de las innovaciones presentes en el mercado eléctrico colombiano nos muestra que esta oleada de ciclo de

desarrollo tecnológico no se ha desplegado en su totalidad de fases, en 40 ni en 60 años como se han generado las oleadas en los PD, si no que, como primera conclusión de este análisis, el ciclo de desarrollo tecnológico del sector eléctrico colombiano se ha demorado más de 100 años en pasar de una fase de irrupción a una fase de madurez y que, en la primera década del siglo XXI se está en dicha etapa en el ciclo de vida de la revolución tecnológica para el mercado colombiano de energía eléctrica.

Como ejemplo del análisis desplegado, un primer acercamiento a las señales encontradas nos muestra que el despliegue de las innovaciones en Colombia presenta en su primera fase de ciclo de desarrollo tecnológico una mayor expansión de innovaciones tecnológicas y organizacionales (ver Ilustración 4); estos dos tipos de innovaciones presentan una mayor difusión en el desarrollo de las fases de irrupción de un nuevo paradigma (34% y 31.9%, respectivamente, en relación con el total de innovaciones encontradas en la investigación), como lo veremos en detalle más adelante.

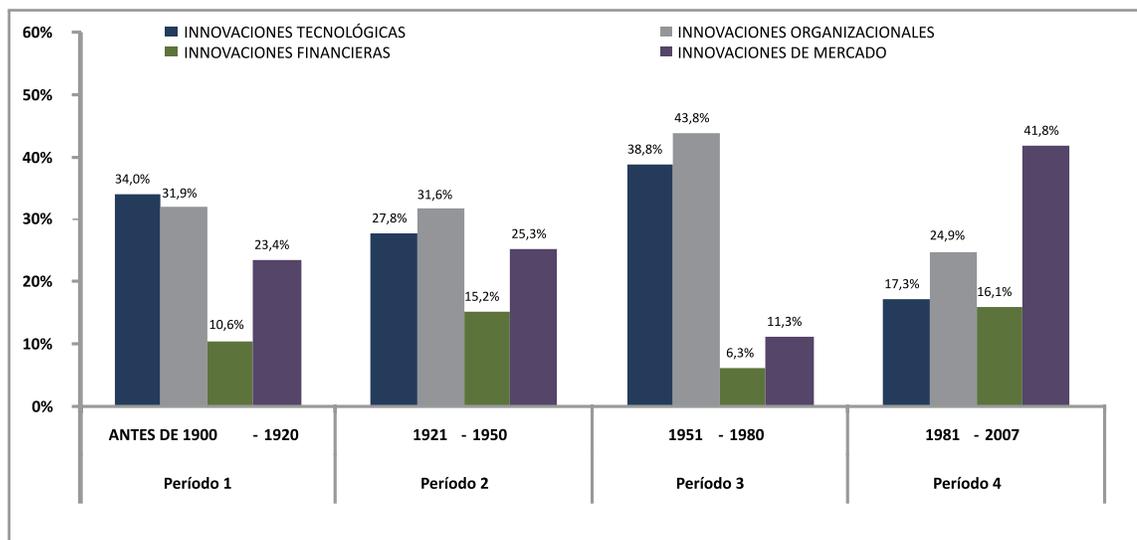


Ilustración 4. Participación porcentual de las innovaciones encontradas en Colombia¹⁵

¹⁵ Fuente: Elaboración propia con base en las innovaciones encontradas

La ilustración 4 se construyó analizando los porcentajes ocupados por cada innovación dentro del total de innovaciones encontradas para cada período; esto permite dar un diagnóstico preliminar de qué tipo de innovaciones eran más fuertes y se presentaban con mayor frecuencia en cada una de las fases caracterizadas.

Al analizar la identificación de las innovaciones entre el período 1 (antes de 1900 a 1920) y el período 2 (entre 1921 y 1950), encontramos que en la fase de crecimiento rápido o de frenesí, que son junto a la de irrupción las dos primeras presentes en el desarrollo del ciclo tecnológico, muestran un mayor crecimiento de las innovaciones financieras y de mercado (4.6% y 1.9% respectivamente), algo que está dentro de los planteamientos presentados por Carlota Pérez (2003) puesto que se espera que en estas fases los mercados busquen nuevas formas de capitalización y financiamiento y así mismo nuevos nichos hacia los cuales expandirse (ver Ilustración 5). Como primer diagnóstico, en estas dos primeras fases (irrupción y frenesí), según Pérez (2003), teóricamente se da la bifurcación en la estructura de

producción por la coexistencia de dos paradigmas, el viejo o inexistente y el nuevo. Se separan los sectores nuevos de los viejos. Los países desarrollados comienzan a experimentar verdaderos problemas tanto económicos como sociales, mientras quizás algunos países en proceso de adelantamiento (catching up) están alcanzando su máximo esplendor.

En Colombia esta característica no es vista con claridad puesto que hay un rezago en la transferencia tecnológica que no permitió percibir estas tensiones claramente dado que no se encuentra manifiestamente un viejo paradigma en el desarrollo productivo del país, lo cual sería interesante para explorar en futuras investigaciones.

Debería ser la sobre posición de las fases de madurez de un ciclo tecnológico pasado y la irrupción del nuevo ciclo, pero el desarrollo del mercado eléctrico en el país no da evidencias claras de esto. El desfase entre etapas implica también en particular para Colombia, en lugar de un compromiso financiero con un paradigma, la presentación de diversificaciones de portafolio en dos o más paradigmas que se

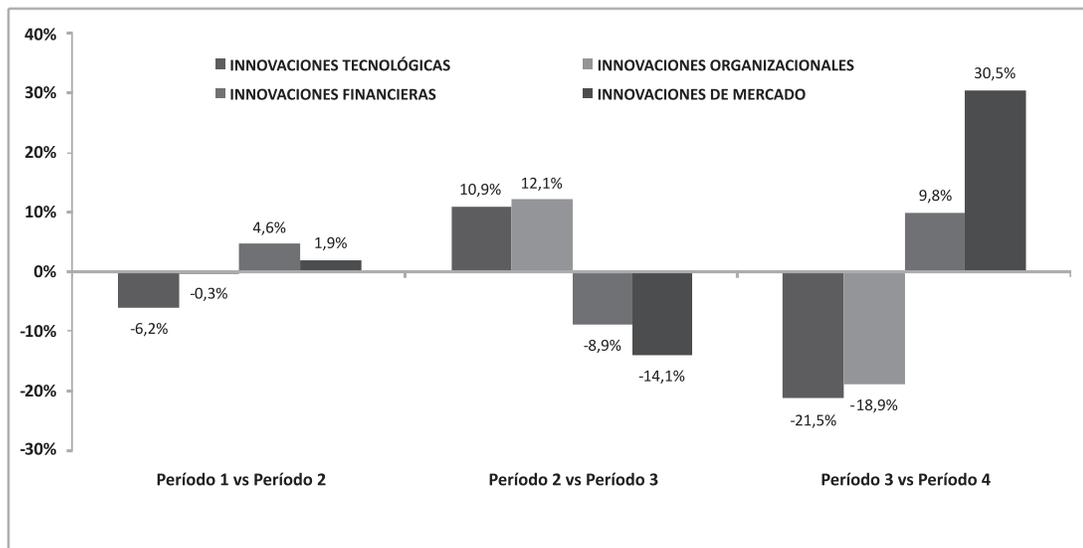


Ilustración 5. Variación de la participación porcentual de las innovaciones encontradas en Colombia de período a período¹⁶

¹⁶ Fuente: Elaboración propia con base en las innovaciones encontradas.

podrían dar simultáneamente en el país (otro tema para analizar en futuras investigaciones). Ese capital especulativo y volátil de otras latitudes se presenta tanto en forma de capitales nacionales (la forma típica encontrada en el país) como de capitales “paloma” e inversionistas internacionales que están buscando márgenes de ganancia aún del paradigma

viejo (para nuestro análisis el capital del sector eléctrico colombiano en su fase de madurez)¹⁷.

Los resultados consolidados por número de innovaciones encontradas en Colombia se presentan en la Tabla 1.¹⁸

Tabla 1. Número de innovaciones encontradas por tipo y período de tiempo en Colombia¹⁹

	INNOVACIONES TECNOLÓGICAS	INNOVACIONES ORGANIZACIONALES	INNOVACIONES FINANCIERAS	INNOVACIONES DE MERCADO
ANTES DE 1900 –1920	16	15	5	11
1921 – 1950	22	25	12	20
1951 – 1980	62	70	10	18
1981 – 2007	43	62	40	104

Como se mencionó antes, se fundirá en un sólo análisis la interpretación de estos resultados numéricos que salen como resultado de la construcción de la matriz de innovaciones por período de tiempo, con el análisis histórico de cómo evolucionó el sector, para determinar si existe o no una relación entre las hipótesis ya planteadas.

4.2. Fases del ciclo de desarrollo tecnológico en el mercado eléctrico en Colombia

Esta parte del análisis muestra el comportamiento de las innovaciones encontradas por período de tiempo y la relación co-evolutiva presente entre cada una de las cuatro fases de análisis planteadas por Carlota Pérez (2003 y 2005), analizando los principales sucesos devenidos a través del desarrollo del sector. Esto permite observar si la dinámica de las innovaciones a través del tiempo esta correlacionada o no con el ciclo de desarro-

llo tecnológico planteado para el sector eléctrico colombiano.

4.2.1. Irrupción (Antes de 1900-1920)

La primera fase del ciclo de vida de la revolución tecnológica se define como la fase de Irrupción en la cual se desarrolla un explosivo crecimiento de productos base, donde se desarrolla y potencia la madurez tecnológica y la saturación en el mercado. Encontramos para el sector eléctrico colombiano, el mayor desarrollo de innovaciones en esta fase inicial o de gestación del sector se da con las innovaciones de tipo tecnológico (ver tabla 2), y es aquí en esta fase que se asume el rezago tecnológico en el sentido del atraso en la llegada de tecnologías para generación y expansión en el sector eléctrico, ese Big Bang del que habla Carlota Pérez se demora en llegar al país producto lógico de un atraso en el efecto de difusión tecnológica.

¹⁷ Algo de esto lo podemos ver en 2009 en Colombia con la búsqueda de financiación para nuevos proyectos de interconexión eléctrica en Brasil, la capitalización y venta de Isagén, la venta de las electrificadoras regionales y la financiación de los grandes proyectos de generación hidroeléctrica, entre otros muchos ejemplos.

¹⁸ Si se requiere ampliar el detalle de las innovaciones encontradas por período en la investigación se sugiere consultar el libro de Hernández (2008) en su capítulo 1.

¹⁹ Fuente: Elaboración propia con base en las innovaciones encontradas.

El desarrollo del sector eléctrico en Colombia que brota en esta fase de irrupción surgió gracias a inversionistas privados²⁰ a quienes el Estado, ante la necesidad de inversión en el sector, les brindó la oportunidad de incursionar en él. La prestación del servicio de energía eléctrica en Colombia se inició a finales del Siglo XIX y su desarrollo fue el resultado de la iniciativa de inversionistas privados, quienes constituyeron las primeras empresas que tenían como finalidad generar, distribuir y comercializar electricidad, durante esta fase de auge, la gran cantidad de innovaciones tecnológicas desarrolladas (constitución del alumbrado público²¹, iluminación de interiores domésticos, usos en fábricas, para mover los tranvías, entre otros) propulsaron al país a aspectos de industrialización y al desarrollo de los medios de producción.

A través de este esquema, el país experimentó su primera fase de desarrollo. Y así mismo, el surgimiento de todos estos avances tecnológicos iba a la par de la gran implementación organizacional e institucional para generar una armonización que pudiera ir de la mano con el desarrollo local que se iba generando; la gran cantidad de compañías creadas y transformadas en esta fase lograron que se avanzara en la instauración de un naciente sector que aunque presentaba este tipo de procesos, se caracterizó por una falta de oferta en el sector con la cual no se lograba cubrir la demanda creciente del momento. La Tabla 2 muestra el número de innovaciones encontradas por décadas en el primer período determinado, donde destacamos el mayor número de innovaciones tecnológicas y organizacionales.

Tabla 2. Número de innovaciones encontradas en el período antes de 1900 a 1920²²

	Tecnológicas	Organizacionales	Financieras	Mercado
Antes 1900	8	6	0	9
1900-1910	2	2	4	0
1910-1920	6	7	1	2
TOTALES	16	15	5	11

Encontramos que esa oleada de difusión tecnológica tardía demoró aproximadamente unos 30 años para pasar a la segunda fase, la de Frenzi; podríamos decir que hay un rezago de casi 15 años puesto que en los PD el paso a esta fase del ciclo se da en 12-15 años en promedio (ver Freeman, et al., 1988). De acuerdo con las innovaciones encontradas en éste período de análisis, observamos en particular que no son muchas las desarrolladas en el sector financiero como potenciamiento para el sector; aunque el hecho de que no se desplieguen muchas, no quiere decir que las escasas que se desarrollaron no hubieran logrado favorecer representativamente esta fase de irrupción en el ciclo de vida tecnológico (esto fue principalmente determinado

por las compras de activos de compañías que tuvieron que cambiar de propietarios para poderse mantener en el mercado). Un trabajo posterior podría analizar en más detalle el impacto que tuvo este tipo de innovaciones financieras en el desarrollo del sector eléctrico.

Esta fase está relacionada con la capacidad de absorción de nuevas tecnologías y del despegue del ciclo de desarrollo tecnológico; juega un papel determinante en las expectativas tanto de los inversionistas, como de los industriales y de las autoridades gubernamentales que ven un naciente y próspero sector, lo cual es bastante notorio en el fuerte impulso para que cada una de las principales ciudades del

²⁰ Tales como las firmas Ospina Hermanos de Medellín, los Carrizosa en Bogotá, el Consorcio Samper Brush & Cía en Bogotá, Julio Jones y Rinaldo Goelkel en Santander, la familia Eder en Cali, entre otros pioneros.

²¹ En Bogotá y Panamá inicialmente.

²² Fuente: Elaboración propia con base en las innovaciones encontradas

país para ese entonces, tales como Cali, Medellín, Bogotá, Panamá, Floridablanca, entre otras, tuvieron su propio servicio de electricidad.

Esta capacidad de absorción consiste en sortear obstáculos como la creación de una capacidad social de las firmas y de los consumidores para desplazar las tecnologías obsoletas²³ y generar una resiliencia a la resistencia que genera el advenimiento de todo cambio tecnológico en materia de generación y transmisión eléctrica principalmente, entre otros factores que, si los observamos en la actualidad, han afectado el desarrollo tecnológico en el país, reflejado en aspectos como la migración de conocimiento que genera capacidades para adoptar y adaptar la tecnología producida en universidades, centros de investigación, laboratorios, etc.

Así mismo, si hacemos un paralelo entre lo que sucedió un siglo atrás con el sector eléctrico, y por ejemplo lo que pasa actualmente con la industria de la prestación de servicios informáticos, son muy numerosos los nuevos emprendedores y muchas las innovaciones sucesivas y paralelas rivalizando por el éxito y buscando financiamiento (Pérez, 2005) potenciado por la producción industrial naciente en determinado sector económico.

Por nuevo emprendimiento en este contexto de Colombia, se entiende, no sólo la generación de nuevas empresas (que de por sí se dan en una Nación con grandes restricciones de financiamiento y donde la capacidad de absorción tecnológica es marginal) sino también el intra-emprenderismo que muestra cómo firmas existentes que han tenido éxito en la implementación de otros paradigmas se diversifican horizontalmente y se financian con recursos propios o internos, como por ejemplo, las empresas generadoras que diversifican su portafolio de negocios y son a la vez distribuidoras o comercializadoras, pero que, para llegar a ello, han tenido que pasar una transición de adopción y adaptación de la tecnología foránea al entorno local.

Estos recursos propios o internos (el de los industriales nacionales que impulsaron el desarrollo regional de la electrificación)²⁴ vienen a reemplazar el capital riesgo o financiero, pues no existen como mercado en el país en desarrollo. Sin embargo, esta etapa de irrupción en Colombia y en especial para el mercado eléctrico, también involucra multinacionales que traen su propio conocimiento y acumulación de capital que se derivan de la experiencia exitosa de paradigma nuevo en países desarrollados como las generadoras eléctricas de procedencia norteamericana y europea (el cual ya llevaba un buen trayecto en ese mismo período de análisis incluso ya estaba en la etapa de sinergia en Europa y Estados Unidos, principales proveedores de tecnología para calderas, transformadores, bombillas e implementación de infraestructura para la construcción de pequeñas centrales hidroeléctricas). Muestra de ello, es la gran participación de las innovaciones organizacionales (caracterizadas en su gran mayoría por la creación de nuevas firmas) en este período (32% del total de innovaciones encontradas).

Dentro del sector eléctrico colombiano en este período caracterizado como de irrupción se destaca la elaboración de nuevas soluciones (implementación de nuevas centrales eléctricas (de tipo hidro y térmico)²⁵ y de nuevos servicios (constitución de variadas compañías prestadoras de servicios e instauración de marcos regulatorios y normatividades), procesos generados en períodos de prueba con el conocimiento de los nuevos mercados en la expansión (Pérez, 2005), como por ejemplo redes de transmisión y distribución eléctrica (estas innovaciones de mercado en el primer período de análisis participaban del 23.4% del total de innovaciones encontradas). Para los nacientes inversionistas del sector se halla menos incertidumbre del éxito del negocio pero incertidumbre en el proceso de adopción y adaptación de la tecnología de generación eléctrica, que puede resultar ser inadecuada o inapropiada para otros

²³ Como por ejemplo el alumbrado con velas y lámparas de petróleo y gas.

²⁴ Aunque también en esta fase se constituyeron en el país firmas con capital extranjero como la Compañía Colombiana de Electricidad y la Panamá Electric Light Co.

²⁵ La Planta a vapor de la Panamá Electric Light Co y la planta hidroeléctrica sobre el Río Cali, construida por la Cali Electric Light & Power Co, son algunos ejemplos de esto.

contextos²⁶, por ello podríamos clarificar la baja participación de las innovaciones financieras halladas en el primer período determinado (10.6%).

4.2.2. Frenesí (1921–1950)

La segunda fase, de Frenzi o Frenesí, se caracteriza por un alto crecimiento económico y de la infraestructura en el sector eléctrico colombiano, además de un cambio en la estructura de capital de las firmas en el sector²⁷, nos muestra que las innovaciones organizacionales y las innovaciones de tipo tecnológico presentan la mayor participación en el agregado de las innovaciones encontradas en la investigación (ver tabla 3).

Los primeros usos que se le dio en Colombia a la electricidad en los años veinte, se enfocaron básicamente en alumbrado público y comercio. Luego se empezó a implementar en los hogares más acaudalados de las ciudades. Posteriormente, se adecuó su utilización como fuerza motriz, empleándose en talleres, fábricas y tranvías. En la década de los años treinta, el manejo de la energía eléctrica tuvo un uso asombroso, tanto en el sector industrial como en el comercial, además del extensivo uso residencial, ya que se utilizaba en la cocción de alimentos y para la calefacción, evitando la utilización de combustibles. De esta manera, el empleo de energía en los sectores residenciales, superó las demandas de los sectores de la industria y el comercio.

A través de este esquema, el país experimentó su primera fase de desarrollo. 1936 se caracterizó por una falta de oferta en el sector con la cual no se lograba cubrir la demanda del momento, las empresas eran incapaces de satisfacer la demanda creciente, de electricidad. Como resultado a la situación, en la reforma constitucional de este año se estableció que el Estado interviniera en el sector y gestionara su crecimiento, lo que anunciaba una significativa transformación, tanto regulatoria como institucional en aras de la organización del sector. Con el fin de impulsar la electrificación en el país, en 1946 se creó el Instituto de Aprovechamiento de Aguas y fomento Eléctrico (Electraguas) que en 1968 se convirtió en el Instituto Colombiano de Energía Eléctrica (ICEL).

Se dieron grandes desarrollos generados en el mercado eléctrico en torno al diseño y acoplamiento de los grandes proyectos de infraestructura para el aumento de la capacidad instalada que requerían el montaje de nuevos y variados procesos de interacciones sociales entre las firmas²⁸, las instituciones²⁹ y el mercado, como por ejemplo el establecimiento de un marco regulatorio (determinado por la Ley 109 de 1936). Un aprendizaje interactivo entre las necesidades de demanda de electricidad en el mercado y la forma como el sector llenaba ese vacío son muestras del por qué las innovaciones de desarrollo organizacionales y las de características tecnológicas son las principales impulsoras en este período.

Tabla 3. Número de innovaciones encontradas en el período de 1921 a 1950³⁰

	Tecnológicas	Organizacionales	Financieras	Mercado
1921 – 1930	12	10	5	4
1931-1940	6	5	3	4
1941-1950	4	10	4	12
TOTALES	22	25	12	20

²⁶ Cómo por ejemplo tecnologías para la expansión de grandes centrales hidroeléctricas en países con bajo desarrollo productivo (ejemplo típico de algunos países Centroamericanos y del Caribe).

²⁷ Se encuentran en el segundo período de análisis una gran cantidad de innovaciones presentes con cambios en la composición de capital de las compañías, así como adquisiciones y cambios de dueño (de municipal a departamental, principalmente).

²⁸ Se refleja esto con la autorización para que el Estado pudiera construir plantas y proveer el servicio. Ejemplo de ello la constitución de sociedades comerciales tales como la Central Hidroeléctrica del Río Lebrija S.A., la Central Hidroeléctrica de Caldas Ltda., CHEC, y la Central Hidroeléctrica del Río Anchicayá Ltda.

²⁹ Ejemplo de ello la constitución del Departamento de Empresas de Servicios Públicos en 1936.

³⁰ Fuente: Elaboración propia con base en las innovaciones encontradas.

El frenesí, como hemos encontrado en el diagnóstico histórico del sector hace su aparición potenciando significativamente la expansión tecnológica en el país y la búsqueda de nuevos y variados mercados³¹, donde reforzarse a plenitud (nuevas redes y expansión a otras regiones)³². Este comportamiento descrito en el análisis de Pérez (2005 es encontrado en este segundo período de análisis, donde las innovaciones financieras encontradas son las que presentan un mayor crecimiento en su participación entre el primer y segundo período (4.6%).

Las nuevas y viejas empresas productivas debieron, en lo sucesivo, plegar sus decisiones a la consecución de las elevadas ganancias a corto plazo requeridas por el mercado (Hernández, 2008). Surge un auge que es representado por la mayor demanda de energía que desde la década de los treinta se hacía presente en el país, por un desarrollo expansivo y pleno de centrales tanto hidro como termoeléctricas, que implican nuevos desarrollos en infraestructura que son encaminadas a llevar la batuta de los márgenes de ganancia del capital financiero.

El comportamiento general de la economía se orientó crecientemente a favorecer la multiplicación del capital financiero (representado por la llegada de capitales internacionales que fueron el “músculo financiero” de los proyectos energéticos en el país),³³ el cual se distancia cada vez más de su función como soporte de la verdadera creación de riqueza. De un lado, florece la revolución tecnológica, se instala su infraestructura y se establece y cimienta claramente el paradigma tecno-económico, en tanto se forjan un conjunto de tecnologías y principios organizacionales capaces de modernizar todas las demás actividades económicas del país donde claramente es pionero y jalonador el sector eléctrico.

Se confrontan obstáculos regulatorios y vacíos institucionales con el establecimiento del control estatal, y las nuevas industrias y sus empresas más grandes, donde quiera que estén ubicadas, van remplazando a las que antes estaban en crecimiento. Este crecimiento ininterrumpido generalmente en Colombia dio el paso a la corporatización de grandes industrias (electrificadoras municipales y departamentales)³⁴ encaminadas a lograr posicionamiento regional por la vía de las innovaciones de mercado, llegando aún a nuevos mercados inexplorados como los municipios aledaños a las grandes capitales³⁵.

Se da la toma de control de firmas operativas, a veces con muy poco capital mediante la construcción de “pirámides invertidas” (Pérez, 2005) en las cuales una base muy pequeña controla varios estratos de participación (presente con las primeras electrificadoras regionales que se empiezan a agrupar). Las adquisiciones apalancadas y algunas formas de fondos mutuales y de cobertura de riesgo, son la reinención de viejas prácticas, cuyo resurgimiento ocurre, en períodos como éste, en gran medida apoyado con participación gubernamental a través de los departamentos que son los primeros administradores de las electrificadoras.

Y esto se logra a través del desarrollo de nuevas formas de crédito y financiamiento otorgados tanto al Estado como a los inversionistas privados para la consolidación de las innovaciones tecnológicas, destacándose en este aspecto las grandes inversiones en centrales eléctricas (que se nota en gran medida con el financiamiento de los nacientes organismos multilaterales a los proyectos de construcción de las grandes centrales hidroeléctricas). La bonanza tan alta de capital en esta fase de frenesí del ciclo de desarrollo tecnológico en Colombia es tal que

³¹ Una razón que explica la buena participación de las innovaciones de mercado en este período (25.3%)

³² No necesariamente en nuevos países puesto que se necesita llegar a “saturar” el mercado local antes de evolucionar y pasar a abarcar un mercado internacional.

³³ Tales como los créditos (para la construcción de diferentes instalaciones energéticas) establecidos con el Export and Import de los EEUU y la participación Accionaria de la Motor - Columbus de Suiza en la Empresa de Energía de Bogotá.

³⁴ Como ejemplo de esto, podemos encontrar el proceso de la Electrificadora del Atlántico S.A.

³⁵ Por ejemplo en Bogotá y Cundinamarca, con la ampliación de la prestación de Servicio a Facativá, Zipaquirá, Chía, Suba, Cajicá, Tocancipá, Gachancipá, Tenjo y Subachoque, entre otros.

genera en gran parte el surgimiento de nuevas y variadas firmas que incursionan en variados y diversos campos del desarrollo comercial e industrial, expandiéndose en procesos de innovación de mercado, muy presentes en este y en el cuarto período identificados.

En esta fase del ciclo de desarrollo tecnológico, se nota el interés de las empresas del mercado eléctrico por instaurar los desarrollos tecnológicos en generación y distribución, vía innovaciones de tipo organizacional, que sirven como refuerzo y apoyo directo a las dinámicas constantes y crecientes de la expansión del mercado y la inclusión de nuevas tecnologías adaptando las mismas a las necesidades propias, trayendo técnicos especializados del extranjero (principalmente rusos y checoslovacos) y preparando y capacitando a técnicos nacionales para poder desarrollar mecanismos de control y de mantenimiento a la nueva maquinaria y a las nuevas plantas y centrales de generación eléctrica.

Es para destacar en la fase siguiente, la de sinergia, la consolidación de estas características del paradigma a través del desarrollo y aporte institucional que empezaron a realizar nacientes universidades tales como la Nacional, la Pontificia Bolivariana e Industrial de Santander, entre otras, en cuanto a la capacitación de los futuros ingenieros eléctricos en sus aulas que generaron sinergias positivas para el desarrollo del sector.

Los años siguientes a la Segunda Guerra Mundial, mostraron así mismo un desarrollo y un elevado crecimiento de los núcleos urbanos en algunas zonas del territorio colombiano, donde se hacía aún más necesaria la expansión de la prestación del servicio de energía eléctrica.

4.2.3. Sinergia (1951–1980)

En la fase de Sinergia, tercera dentro del ciclo de vida tecnológico, encontramos que su desarrollo está determinado principalmente por los procesos de expansión de las innovaciones tecnológicas y organizacionales con un mayor crecimiento entre un período y otro (10.9% y 12.1%, respectivamente, dentro del número de innovaciones halladas en la investigación) y de pocos desarrollos en el mercado de electricidad, donde las nuevas formas de financiamiento presentan un decrecimiento bastante significativo en el potencial de innovaciones con respecto a las innovaciones de otros tipos (-8.9% con respecto al período anterior), lo que refleja una dinámica de afianzamiento y recolección de los frutos sembrados durante más de 60 años de desarrollo del sector en cuanto a la búsqueda de una consolidación institucional del mercado eléctrico en el país. Encontramos que las innovaciones tecnológicas y organizacionales tienen el mayor peso en las innovaciones halladas en la investigación, en el período analizado (ver tabla 4).

Tabla 4. Número de innovaciones encontradas en el período de 1951 a 1980³⁶

	Tecnológicas	Organizacionales	Financieras	Mercado
1951 – 1960	11	28	5	1
1961-1970	21	18	1	7
1971-1980	30	24	4	10
TOTALES	62	70	10	18

³⁶ Fuente: Elaboración propia con base en las innovaciones encontradas.

Durante esta fase, el mercado de electricidad presentó un aumento de tamaño y en el grado de especialización del mismo, potenciado a su vez por la gran cantidad de innovaciones tecnológicas que se desarrollaron entre 1961 y 1980, producto de la simbiosis y los rendimientos crecientes dentro de las firmas del sector, lo que llevó a retroalimentaciones al interior del mercado. En la medida que ante las necesidades crecientes y expansivas de demanda de electricidad en el mercado por el crecimiento económico del país, se desarrollaron simultáneamente algunas innovaciones financieras que lograron capitalizar la construcción de nuevos proyectos y la expansión de otros, especialmente en la década de los 50's y 70's.

Para finales de la década de los años cuarenta, la población en el país alcanzó la cifra de 9.072.894 habitantes con aproximadamente 47 MW de capacidad de producción. Hacia 1950, cuando la población había crecido a doce millones, la capacidad de generación de energía logró 280 MW, seis veces la capacidad del decenio de los cuarenta. En 1960, se logró una capacidad de 922 MW, cifra tres veces y media superior a la instalada en la década de los cincuenta, lo cual significó un aumento en la capacidad por habitante de más de nueve veces en un período de treinta años, todo este fiel reflejo de la gran cantidad de innovaciones tecnológicas surgidas en este período.

Con la Ley 80 de 1946, se creó el Instituto Nacional de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico, el cual estaba encargado de realizar estudios en zonas susceptibles de instaurar el servicio de electricidad. Además de promocionar la ejecución para hacer realidad estos proyectos, desempeñando la labor de financiamiento, de manera directa o mediante la participación accionaria, en las empresas encargadas de desarrollar las obras pertinentes.

Así mismo, este gran desarrollo y alcance del paradigma se impulsó bastante por cuenta de las innovaciones organizacionales; en la década de los años cincuenta, se realizaron los primeros estudios para plantear la idea de interconectar el sector eléctrico colombiano, idea que se concretaría en los años sesenta, cuando el Estado contrató con un consorcio franco americano Electricité de France - Gibbs & Hill, para la estructuración de los planes de desarrollo del sector. Para el año de 1966, se dio el paso decisivo para que se integrara la Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá, las Empresas Públicas de Medellín, la Corporación Autónoma Regional del Cauca y el Instituto Nacional de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico; firmando el convenio para integración del sector eléctrico y el ensanche de la capacidad.

Además, en este período se empezó a visualizar en el mercado eléctrico colombiano, el desarrollo de servicios adicionales al de suministro de energía eléctrica, de distribución de servicios especializados y de mantenimiento de infraestructura en el mercado. No sólo el Estado entra como nuevo agente sino que en esta etapa de sinergia; nuevos agentes como gremios de empresas, asociaciones de consumidores, entre otros, surgen con ideas novedosas para afrontar las nuevas dinámicas y retos para la coordinación entre actores³⁷ (ver Hernández, 2008).

Las innovaciones de tipo organizacional son inventadas³⁸ y adaptadas por muchas empresas tanto industriales como comerciales, respondiendo a la dinámica expansionista de los mercados y a los nuevos ordenamientos regulatorios; los clusters y en general los modelos de asociatividad preponderan frente a modelos más individualistas. Surgen comúnmente agrupaciones de empresas cooperando y generando externalidades de red. Después de que los mercados hayan sido creados por los primeros innovadores, existe una densa entrada y salida en

³⁷ Grandes organizaciones financieras a nivel latinoamericano y mundial como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Banco Mundial (BM), son artífices de préstamos que van dirigidos a la construcción de infraestructura que pueda interconectar corredores antes separados geográficamente. Carreteras, redes de transmisión eléctrica y oleoductos son establecidos de gran manera en este periodo de análisis.

³⁸ Siguiendo los planteamientos schumpeterianos.

las industrias de firmas competidoras que, en parte, imitan y en parte, agregan valor e innovación.

Uno de los principales avances en la búsqueda de la integración eléctrica en el país en 1967, cuando las diferentes empresas de energía, basadas en una política del gobierno de la época, firmaron un convenio sobre la interconexión de sus sistemas eléctricos y el ensanche de su capacidad de generación. En dicho acuerdo se decidió la constitución de una nueva sociedad, para que interconectara los sistemas eléctricos de las empresas y construyera los nuevos proyectos de generación para atender la demanda. En este año, adquirió vida jurídica la nueva compañía que se llamó Interconexión Eléctrica S.A. (ISA), la cual se constituyó como una empresa industrial y comercial del Estado. De esta manera se sentaron las bases para constituir un sistema interconectado y un sector eléctrico nacional.

Para el año de 1974, el gobierno nacional mediante el Decreto Ley 636 reestructuró el antiguo Ministerio de Minas y Petróleos para transformarlo en el Ministerio de Minas y Energía, asignándole los siguientes deberes: proponer y adelantar la política nacional sobre las actividades relacionadas con el servicio de electricidad; intervenir en la generación, transmisión, interconexión y distribución; orientar, coordinar y evaluar los planes sobre electricidad de alcance nacional, regional, local e internacional; y actuar en todas las actividades técnicas, industriales y comerciales. De esta manera se centralizó la administración del sector por medio del Ministerio.

Estableciendo una amplia gama de instituciones o de reformas organizacionales y administrativas, el Estado diseñó instituciones y mecanismos regulatorios que lograron una mayor cohesión en los diferentes eslabones de las cadenas productivas y determinaron las nuevas dinámicas de expansión y adaptación a los nuevos ordenamientos mundiales³⁹; argumento que concuerda y va en línea con lo expuesto en el análisis de Carlota Pérez.

Las innovaciones conectadas con la adecuación a nuevas tecnologías de los procesos de inversión, producción, comercio y consumo, se generalizaron y expandieron en este período. Es aquí donde se diseñan y adoptan nuevas y mejores prácticas organizacionales y financieras que son determinadas por la expansión de los mercados y que son asimiladas y aprendidas por las firmas para poderse mantener competitivas en el mercado. Los capitales financieros adoptan y se adaptan a las nuevas regulaciones impuestas por los entes reguladores en cuanto a las fusiones empresariales en grupos económicos y de bancos.

El sector eléctrico del país evidenció en esta fase serias dificultades para financiar las inversiones locales que desarrollaba en la segunda mitad de los años setenta, fruto de la congelación de las tarifas por un período de cuatro años, con lo cual la situación financiera de las empresas se deterioró notablemente. Para resolver este inconveniente, en 1976 se propuso la creación de un fondo eléctrico nacional, el cual se aceptó en el año de 1980 con recursos que provenían de captación de ahorro y del crédito externo. Con una postura de nuevos proyectos de generación, a comienzos de 1980, se desarrollaron modelos de optimización y de simulación para el planteamiento del funcionamiento del sistema interconectado.

La producción y la tecnología son los instrumentos que impulsan hacia delante a la economía como a los diferentes sectores; En el período de 1971 a 1980, la demanda de energía en el país tuvo un aumento el cual se puede explicar por el crecimiento de la población, el desarrollo de la economía, las políticas focalizadas en incrementar la cobertura del servicio y los cambios tecnológicos; entre 1981 y 1990 se presentó una leve disminución de la demanda.

El nuevo paradigma se adapta territorial y socialmente con la disponibilidad de infraestructura física y técnica, de personal técnicamente capacitado, de

³⁹ Como ya lo vimos anteriormente con los casos de Interconexión Eléctrica S.A. y el Instituto Nacional de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico.

redes de distribución y proveedores, de hábitos de consumo, normas y regulaciones. (Pérez, 2005). El país empieza a asimilar completamente nuevos patrones de consumo, nuevos productos irrumpen en el mercado y los consumidores intermedios y finales determinan muchas veces las políticas de servicios de las firmas. La expansión en la prestación de los servicios va más allá del territorio habitual, se buscan nuevas oportunidades de expandirse, dada la desregulación que amplía los horizontes de los mercados.

Las principales industrias de la revolución están alcanzando sus estructuras básicas en términos de liderazgo, formas de competencia, tamaño relativo de las empresas, plantas y equipos de producción, así como otros rasgos distintivos (Hernández, 2008). Por lo tanto, firmas obsoletas y que no cumplan con los criterios mínimos establecidos por los entes reguladores, pierdan participación y tamaño en el mercado, lo que las llevó a un declive y fueron adquiridas o entraron en procesos de privatización, fusión, asociación con las firmas dominantes que si desarrollaron políticas de respuesta innovadoras para adoptarse al mercado.

Una característica que enmarca lo planteado anteriormente se da en 1968, cuando el gobierno transformó a ELECTROAGUAS en el Instituto Colombiano de Energía Eléctrica, donde la ley le asignó la coordinación del Plan Nacional de Electrificación y se encargó de canalizar los recursos de la Nación para financiar programas de electrificación en los departamentos y asumió la construcción de importantes proyectos de generación para abastecer la demanda en algunos sectores.

La innovación tecnológica se desplazó hacia un período de instalación, consolidación y expansión de los mercados, siguiendo los criterios del capital productivo, mejoras en la calidad en la prestación del servicio de energía eléctrica en los diferentes departamentos del país y el alumbrado público en las grandes ciudades de Colombia (con mayores de-

talles y especificaciones técnicas en sus productos), bajo criterios de calidad, cumplimiento, eficacia y eficiencia.

Esto crea un círculo virtuoso, a medida que el crecimiento de la demanda, a su vez, facilita ganancias ulteriores en la productividad de los insumos y en la infraestructura misma (Hernández, 2008). Por esto, las firmas desarrollan al máximo innovaciones organizacionales o las adaptan para poder responder a las necesidades del mercado que empieza a saturarse, aunque no en la gran proporción en la que se dieron en las etapas de irrupción y frenesí. De hecho ya el Estado empieza a desarrollar la estrategia de planeación energética y en la década de 1960, la Electricité de France elaboró el Plan Nacional de Electrificación el cual sirvió para estructurar una política de desarrollo del sector eléctrico.

Otra característica presente en el enfoque de Carlota Pérez y que se desarrolló en línea con las innovaciones encontradas en el país fue la expansión de capital hacia sitios distantes a partir de la fase de sinergia del ciclo de desarrollo tecnológico. Esta expansión incorporó el radio de acción al capital financiero e hizo posible la realización de proyectos ambiciosos como las grandes centrales hidroeléctricas desarrolladas entre las décadas del 50's y 80's y los estudios de factibilidad de la expansión e interconexión del sistema de transmisión nacional de electricidad⁴⁰, incluyendo los relacionados con las nuevas industrias y productos que a su vez también jalonaron la demanda de energía, que asimismo se potenció por la gran participación e inversión de capital público en grandes proyectos de infraestructura (adquisición de tecnología y maquinaria moderna para aprender copiando de la experiencia de otros mercados desarrollados).

4.2.4. Madurez (1981–2007)

Una última fase en la que presupuestamos, después de realizar esta investigación, se encuentra sumergido en este momento el sector eléctrico colombiano,

⁴⁰ Como por ejemplo la hidroeléctrica del Salto I (1951), la central de Caldas (1952), la hidroeléctrica Laguneta (1960), la hidroeléctrica Salto II (1963), la presa de Miraflores (1965), entre otras grandes construcciones hidroeléctricas, así como los proyectos de interconexión eléctrica a 230 Kv en el territorio Colombiano que desarrollaría la naciente compañía Interconexión Eléctrica S.A.

es la fase de madurez o consolidación del ciclo de desarrollo tecnológico⁴¹. El crecimiento porcentualmente significativo de las innovaciones financieras y de mercado, así como el llamativo decrecimiento de las innovaciones tecnológicas y organizacionales (ver tabla 5) pareciera que trajera consigo una fase de saturación en el mercado o, surge la opción para futuras investigaciones, una expansión aún potencial por ocurrir en el sector hacia nuevos rumbos como por ejemplo la decidida expansión de empresas y compañías colombianas del sector eléctrico hacia mercados como Perú, Ecuador, Brasil, Chile y Panamá.

Debido a que en la década de los noventa se aceleró el proceso de apertura económica y globalización, el plan de desarrollo del Gobierno buscó reducir la participación del Estado en el sector empresarial y propiciar un mayor espacio a los agentes privados con el fin de disminuir el déficit fiscal e incrementar la eficiencia económica, destacándose entonces la gran cantidad de innovaciones financieras presentes en los procesos de escisión y ventas de compañías prestadoras de servicios. Un estudio realizado por el Banco Mundial titulado: “Infraestructura: Los retos de Colombia” identificó una insuficiente estructura del sector, reflejada en atrasos de construcción de proyectos, pobre desempeño institucional y distorsiones en las tarifas.

A comienzos de los años 90's, un diagnóstico realizado a las empresas estatales de electricidad mostró resultados altamente desfavorables en términos de la eficiencia administrativa, operativa y financiera. Y entre 1991 y 1992 se produjo un racionamiento de energía, el más grande de la historia reciente del país. Con este panorama, a partir de la Constitución de 1991 se admitió como principio clave para el logro de la eficiencia en los servicios públicos la competencia para hacer posible la libre entrada de cualquier agente interesado en prestar los servicios de electricidad.

En diciembre de 1992 el Gobierno Nacional reestructuró el Ministerio de Minas y Energía, disolvió la

Comisión Nacional de Energía y creó tres unidades administrativas especiales: la Comisión de Regulación de Energía (CRE) convertida en 1994 en la actual Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), la Unidad de Información Minero Energética (UIME) y la Comisión de Planeación Minero Energética (UPME). Con base en la política de la nueva Constitución, según la cual el Estado debe cumplir una función más de regulador, control y vigilancia que de administrador, se ha vendido buena parte de los activos que se tenían en el sector (lo que refuerza aún más la parte del paradigma donde se encuentran los movimientos financieros en su máximo esplendor, buscando moverse y afianzarse para aprovechar las mayores rentabilidades en esta fase del paradigma).

Además se señaló que la estructura de ISA estaba constituida contradictoriamente, ya que sus accionistas eran a la vez clientes y competidores por la propiedad de proyectos de expansión (algo que hasta el momento no se había identificado como un problema para el desarrollo del sector). Una vez reconocida la problemática, el Gobierno diseñó un plan para el alivio administrativo y financiero de las empresas, implementó una nueva política comercial y de subsidios, revisó el marco regulatorio y fortaleció el Ministerio de Minas y Energía junto con la regionalización de empresas y participación del sector privado (un gran pilar que permitió la expansión del sector hacia zonas donde por malos manejos e ineficiencias en la prestación del servicio, no se había llegado antes). La puesta en marcha de la reforma, se fundamentó en cuatro principios básicos, todas estas innovaciones organizacionales presentes en esta fase del paradigma:

1. Concentración del Estado en las actividades regulatorias y de control.
2. Introducción de la competencia.
3. Vinculación del sector privado a las actividades empresariales.
4. Neutralidad del principal transmisor de energía (ISA) frente a todos los agentes del mercado.

⁴¹ Recuérdese que el año corte para las innovaciones analizadas es el 2007.

La Constitución Política de Colombia del año 1991 introdujo cambios muy importantes en el papel del Estado en el Sector de los Servicios Públicos Domiciliarios. El Estado empresario, prestador monopolístico de los servicios y responsable de realizar las expansiones de cobertura, sin advertir señales claras de eficiencia tener un papel enfocado hacia el diseño de políticas, regulador y controlador, buscando que se cumplan los objetivos fundamentales de prestación eficiente, en ambientes de competencia donde ésta sea posible, y otorgando a través de la regulación señales para la ampliación de cobertura y la mejora en la calidad de los servicios públicos.

Todo lo anterior sin olvidar la responsabilidad social del Estado de garantizar a los usuarios de menor capacidad de pago, el acceso a los servicios públicos, lo que se ha denominado el acceso universal a los servicios, bien sea a través de subsidios, o prestando el servicio directamente a través de entidades territoriales como los municipios (esencia del avance en la consolidación de un sector maduro y que puede desarrollar al máximo sus potencialidades en términos financieros y expansivos).

En 1992, el Gobierno identificando otra grave problemática del sector, identificó la necesidad de crear la Comisión de Regulación Energética y la Unidad de Planeación Minero Energética. La primera estaría encargada de la regulación del sector, gozando de independencia, autonomía y fortaleza técnica para ejercer sus labores; La segunda, desempeñaría un rol de suma importancia, en cuanto suministra la: información sobre la probable evolución de la oferta y la demanda de energía eléctrica, la cual sirve de base a los distintos agentes para la toma de decisiones de inversión y al gobierno para adoptar medidas conducentes a incentivar la instalación de la nueva capacidad de generación.

Además, debe realizar los planes de expansión del Sistema Interconectado Nacional de manera que los

procedimientos para atender la demanda posean la suficiente flexibilidad para adaptarse a los cambios de las condiciones técnicas, económicas, financieras y ambientales.

Para el año de 1994 se sancionó la Ley 142 (Ley de Servicios Públicos) y la Ley 143 (Ley Eléctrica), las cuales establecieron el desempeño del Estado en relación con los servicios públicos domiciliarios, separando las actividades de regulación y control e introduciendo la competencia en el mercado de energía mayorista. Mediante la Ley 142, se crearon las Comisiones de Regulación y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, ésta última con las funciones de vigilancia, fiscalización y control de las empresas prestadoras de servicios. Todo esto enmarcado en una fase de madurez del paradigma donde la creación de marcos reguladores fuertes da solidez a los inversionistas tanto nacionales como extranjeros (en especial capitales españoles).

El 20 de Julio de 1995, entró en funcionamiento el Mercado de Energía Mayorista, mediante la Bolsa de Energía⁴²; este sistema es un mecanismo para hacer posible la competencia entre las actividades de comercialización y generación, mediante los siguientes organismos: La Comisión de Regulación de Energía y Gas (GREG) es la encargada de determinar la reglamentación, la Superintendencia de Servicios Públicos (SSP) encargadas de fiscalizar el desempeño de los agentes y penalizar las violaciones a las reglas.

El Centro Nacional de Despacho (CND) se encargó de la operación del mercado y la administración es responsabilidad del Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales (ASIC) y del Liquidador y Administrador de Cuentas, el cual se encargó por cargos de uso de las redes del Sistema Interconectado Nacional y además calcula el ingreso regulado de los agentes transportadores.

⁴² Definido como un sistema de información, manejado por el Administrador de Intercambios Comerciales en donde los generadores y comercializadores del mercado mayorista ejecutan actos de intercambio de ofertas y demandas de energía, hora a hora, para que el Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales ejecute los contratos resultantes en la bolsa de energía, liquide, recaude y distribuya los valores monetarios correspondientes a las partes y a los transportadores.

Otro aspecto a destacar en este devenir del sector eléctrico Colombiano inmiscuido en esta fase de madurez, se generó por los aspectos que se presentaron luego de la sequía de 1991 producto del fenómeno de El Niño. El calentamiento del Pacífico Sur produjo a finales de 1997 y principios de 1998 una sequía de características de intensidad fuerte, considerada más intensa que las de los años 1991-1992, aunque más corta en duración.

El mecanismo de definición de precios de corto plazo se puso a prueba y ante esto, la respuesta que el mercado eléctrico le había dado a los problemas encontrados en la década de los ochentas. Se exigió al máximo la capacidad de respaldo de la generación térmica que alcanzó a generar el 49% de la demanda. Se identificaron limitaciones en el suministro de gas natural pero fueron cubiertas por la utilización de fuel oil como combustible alterno.

La hidrología alcanzó el 39% de la media histórica del mes de febrero. Esta condición produjo los precios de Bolsa más altos durante la operación del mercado, 258 \$/kWh en septiembre 1997 y 249 \$/kWh en febrero 1998. Se realizaron ajustes de precios en la regulación, relacionados con la intervención de precios de oferta para embalses cuando ellos se encontraban en nivel inferior al mínimo operativo superior, como se registró en el numeral anterior. Se considera que se sorteó con acierto la prueba y que la serie de innovaciones organizacionales y tecnológicas desarrolladas en la fase de madurez surtieron el efecto esperado, reforzando aún más la teoría de la consolidación de un sector estable.

Este fenómeno fue seguido del fenómeno opuesto, La Niña. Los bajos caudales de principios del año 1998 fueron compensados con los altos caudales durante el resto del año (en septiembre se presentó el 120% del medio histórico), a tal punto, que el promedio anual subió al 90% del histórico. El promedio anual fue del 109% para el año 1999. Los niveles de embalse se recuperaron y la utilización de estas reservas fue mínima durante el verano de este año, el nivel descendió solamente hasta el 70% de la capacidad total. Los precios de Bolsa se mantuvieron en su nivel bajo durante la permanencia del fenómeno.

En los años 1998 y 1999 se presentó una recesión económica en el país, en la cual la demanda de energía alcanzó crecimientos de 0.23% en 1998 y de -5.10% en 1999, representando éstas cifras los menores crecimientos registrados desde la creación de la Bolsa de energía en 1995, año en el cual el crecimiento de la demanda fue de 5.4%. Dicha situación generó un grave impacto en el sector, ocasionando incrementos en la cartera de las empresas prestadoras del servicio e incluso en algunos casos se dio la intervención estatal a algunas empresas (algo que implicó que el mercado respondiera de una rápida manera y, el surgimiento de una serie de innovaciones financieras, fueron las que ayudaron a superar este impase en el sector).

En 2002 se estableció la Decisión 536 de la Comunidad Andina de Naciones (CAN), la cual acentuó el Marco General para la interconexión subregional de sistemas eléctricos e intercambio intracomunitario de electricidad entre los países de Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Los países con esta unión, vieron posible que con la interconexión de sus sistemas eléctricos y los intercambios comerciales intracomunitarios se podrían alcanzar beneficios económicos, sociales y ambientales. Además, se podría alcanzar un adecuado manejo de los recursos energéticos y obtener confianza en el suministro de energía. Cabe mencionar, que si bien la Decisión fue firmada por los anteriores países, solamente se adoptó por parte de Colombia y Ecuador, puesto que fueron los únicos países que armonizaron sus regulaciones internas para facilitar el logro de los intercambios denominados "Transacciones Internacionales de Electricidad de Corto Plazo" (TIE's).

Aunque no son muchos, se generaron nuevos portafolios de productos como lo son las variadas formas de transacciones de electricidad que tienden a ser las que significativamente cambian el panorama de la expansión en el sector, puesto que los márgenes estrechos de rentabilidad y el mercado estático sin posibilidades a corto plazo de expansión al interior de las fronteras nacionales, hacen que el mercado se expanda hacia nuevos nichos de oportunidad con las interconexiones de electricidad para el suministro de energía eléctrica hacia nuevos mercados como pasa actualmente con Perú y Ecuador, y

Tabla 5. Número de innovaciones encontradas en el período de 1981 a 2007⁴³

	Tecnológicas	Organizacionales	Financieras	Mercado
1981-1990	23	18	12	30
1991-2000	19	42	22	69
2001-2007	1	2	6	5
TOTALES	43	62	40	104

como veremos más adelante, se refuerza la naciente expansión de intercambios eléctricos hacia Centroamérica. La tabla 5 hace un resumen numérico de las innovaciones detectadas por tipo, para cada década analizada dentro de esta fase de madurez.

Todo este desarrollo es potenciado dentro de la adaptación del contexto socioeconómico a los nuevos sistemas tecnológicos, vía la consolidación de facilitadores institucionales⁴⁴, y, adicionalmente, como lo vimos anteriormente, la capacitación en entrenamientos especializados del sector vía talleres desplegados por los entes institucionales del sector (Ministerio de Minas y Energía, la UPME, el IPSE, etc.), que se establecen creando mejores competencias territoriales y un mayor alcance y despliegue del sector hacia más lugares dentro de las fronteras nacionales.

El capital privado, haciendo gala de las condiciones que brinda, también se vinculó al sector, mediante la compra de plantas de generación en operación, con el proceso de privatización de activos del Estado. Seis empresas de capital privado: Chivor, Termotajero, Termocartagena, Central Hidroeléctrica de Betania, EMGESA y EPSA, adquirieron la propiedad de 5.137 MW que eran de empresas Estatales. En esta forma, el 55% de la generación fue de capital privado en el año 2003.

A medida que se aproxima la madurez del paradigma, el espectro de oportunidades para realizar

nuevas inversiones se va haciendo gradualmente estrecho aunque no se cierra⁴⁵; los ciclos de vida de los últimos productos, e incluso de los últimos sistemas tecnológicos se acortan, la inversión para producción es cada vez menos efectiva, las nuevas oportunidades de inversión llegan con mayor dificultad y así sucesivamente (Pérez, 2005).

Asimismo, se empieza a notar la necesidad de utilizar y aprovechar al máximo los recursos y la capacidad instalada de las firmas. Se busca otras oportunidades de utilización del capital productivo y financiero. Por ejemplo firmas que se dedican al negocio de transmisión eléctrica, entran al negocio de transporte de gas natural (como el caso de la EEB S.A. E.S.P. con la constitución de la Transportadora de Gas del Interior T.G.I. la cual compró los activos de Ecogás)⁴⁶.

La componente de capacidad térmica en el período de funcionamiento del mercado pasó del 22% al 33%. La componente de capacidad de generación con gas pasó de 13% al 27% y la de generación con carbón pasó del 8% al 5% de la capacidad total. En el año 1998 los recursos térmicos (haciendo gala de las innovaciones tecnológicas presentes en fases anteriores del paradigma) presentaron el mayor nivel de generación, cuando fueron utilizados como respaldo durante la sequía ocasionada por El Niño 1997-1998.

⁴³ Fuente: Elaboración propia con base en las innovaciones encontradas.

⁴⁴ Ejemplo de esto la Ley 142 de Servicios Públicos Domiciliarios y la Ley 143 Eléctrica, así como la instauración de organismos Reguladores como la CREG y la SSPD.

⁴⁵ Las 40 innovaciones financieras detectadas en la investigación para éste período corresponden al 16.1% de total de innovaciones encontradas.

⁴⁶ Una de las razones por las cuales encontramos también el gran despliegue de innovaciones organizacionales en este período.

En ese año la generación térmica cubrió el 30% de la demanda anual y específicamente en los meses de enero y febrero, cubrió el 49% de la demanda, según lo registran los informes de operación de ISA. Para lograr este nivel de generación, se copó la capacidad de suministro de gas natural y fue necesario utilizar fuel oil como combustible alterno.

La generación térmica se incrementó en los períodos de verano hasta el 30% de la demanda, con excepción del año 1999 a consecuencia del fenómeno de La Niña, que siguió al período de sequía mencionado anteriormente. Por otro lado, la generación térmica no fue inferior al 11% y en los años 2000 y 2001 al 17% por efectos de la generación de seguridad requerida para mantener en operación el sistema, ante los atentados a la red de transmisión. Posteriormente, la generación hidráulica presentó su máximo nivel en el año 2003, alcanzando el 86% de cubrimiento de la demanda del mes de julio.

Ya en los años recientes, es importante reafirmar la fase de madurez en la que, luego de la investigación, encontramos en el sector eléctrico colombiano. Adicional a la incorporación de los proyectos que se instalarán en el sistema, derivados de sus desarrollos antes del cargo por confiabilidad así como los decididos a través de la asignación de energía firme, se hizo necesario para garantizar la atención de la demanda de energía del sistema dentro de los límites de confiabilidad establecidos, la incorporación de capacidad adicional, en el largo plazo (2018-2023).

Las alternativas y estrategias analizadas fueron cuatro: la primera de ellas conserva la tendencia presentada en los resultados del cargo por confiabilidad, una segunda analiza un aumento de la capacidad de interconexión hacia Centro América a partir del año 2015, la tercera tiene en cuenta una mayor participación de recursos renovables a partir de energía eólica, cogeneración, y aumento en la participación de plantas hidráulicas con capacidad menor a 20 MW, mientras que la cuarta supone el retiro de 211 MW de las plantas existentes.

Un buen referente para determinar la expansión requerida, fue confrontar las proyecciones de demanda de energía del sistema colombiano con las obligaciones de energía firme que pueden aportar las plantas existentes como futuras en construcción, suponiendo que dichas obligaciones se mantendrán constantes a lo largo del periodo de análisis. La capitalización de firmas brotó como alternativa al volverlas sociedades por acciones, y, el público en general pudo ser accionista de la empresas, esto surgió como otra de las alternativas que anotamos como innovación financiera hacia el proceso de desarrollo industrial y productivo en Colombia⁴⁷.

Se dan nuevas fusiones, pero no para escapar de la competencia de precios, como ocurrió durante la fase de frenesí, sino para acaparar una mayor porción de mercado en búsqueda de economías de escala, con miras a apuntalar las ganancias decrecientes a consecuencia del estancamiento de la productividad y la saturación de los mercados⁴⁸ (Hernández, 2008). Es el caso por ejemplo de firmas generadoras de electricidad que se fusionan para responder a la dinámica del mercado y para poder mantenerse competitivos. Eso pasó también en el sector de las telecomunicaciones y en el sector bancario y de servicios colombiano. En resumen de esta fase del paradigma, la gran oleada se expande hacia la periferia, impedida por la voluntad del capital financiero, mientras la siguiente revolución tecnológica está a punto de irrumpir en el país núcleo y de enfrentar a la estructura productiva establecida (Pérez, 2005). Se busca abrir mercados por interconexiones internacionales con países de frontera respondiendo a las necesidades del mercado y al agotamiento de demanda a nivel interno, tal y como lo hemos visto con las experiencias en los países andinos.

Las grandes empresas empiezan a comprar a sus competidores menores a fin de incrementar su participación en el mercado, a experimentar con tecnologías no probadas a fin de de estirar sus trayectorias y a aventurarse en mercados o sitios de producción distantes. Paradójicamente, mientras mayor es el

⁴⁷ El perfecto caso de este ejemplo se dio en compañías como ISA S.A., Codensa S.A. E.S.P. e Isagén S.A. E.S.P.

⁴⁸ Para mencionar algunos recientes ejemplos, podemos encontrar la compra de la Empresa de Energía de Cundinamarca por parte de la Empresa de Energía de Bogotá.

éxito obtenido en sus intentos, mayores ganancias se acumulan, convirtiéndose en capital ocioso a la caza desesperada de inversiones alternativas. Así el capital financiero empieza a desbordarse y buscar otras salidas (Pérez, 2005). Se dan muchas fusiones y adquisiciones de firmas pequeñas y en general para nuestro caso de análisis de electrificadoras regionales.

Para que ello sucediera, se tuvo que dar la intervención estatal. La SSPD intervino las electrificadoras de la Costa Atlántica y nombró liquidadores (1998 y 1999). También, se liquidaron las electrificadoras de Cauca (2000), Chocó (2002) y Tolima (2003). Al final del primer semestre de 2004 se encontraban en administración EMCALI, CEDELCA y ENELAR.

Se vendieron a inversionistas privados internacionales las centrales Chivor (1996), Betania (1996), Tasaajero, Termo Cartagena y el 65% de EPSA (1997). Se reestructuró la Empresa de Energía de Bogotá (EEB) en una casa matriz y dos filiales, las empresas de generación y comercialización EMGESA y de distribución y comercialización CODENSA. El negocio de transmisión se mantuvo en la casa matriz y los inversionistas privados adquirieron el control de la compañía y el 48.5% de las acciones (1997).

Este desarrollo histórico siguió con la reestructuración las electrificadoras de la Costa Atlántica y CORELCA en una empresa de generación y comercialización de energía con el mismo nombre CORELCA, de transmisión TRANSELCA y de distribución y comercialización ELECTRICARIBE y ELECTRO-COSTA (1998). El 65% de estas dos empresas de distribución fueron vendidas a inversionistas privados (1998). ISA en concurso adquiere el 65% de TRANSELCA (1998). El consejo de Medellín decidió mantener el carácter público de Empresas Públicas de Medellín (1998). Se suspenden los procesos de venta de ISAGEN e ISA a inversionistas estratégicos (2000). ISA coloca el 24% de sus acciones en poder del público mediante dos procesos de oferta en la Bolsa de Valores (2001 y 2002).

La UPME sacó a concurso público dos paquetes de refuerzos al sistema de transmisión nacional (1999 y 2003). El primero fue ganado por ISA y el segundo por ISA y por EEB. Las líneas del primer paquete

entran en operación comercial en el año 2001. Los agentes se asocian en agremiaciones. Se crea la Asociación Nacional de Empresas de Servicios Públicos Domiciliarios y Actividades complementarias e inherentes ANDESCO (1995). Se constituyen la Asociación Colombiana de Generadores de Energía ACOLGEN (1997), la Asociación Colombiana de Distribuidores de Energía Eléctrica ASOCODIS (1999) y la Asociación de Comercializadores de Energía ACCE (1999) (todas ellas innovaciones organizacionales reflejo del avanzado desarrollo de la organización de un sector maduro y consolidado).

Se generaron también en el sector eléctrico Colombiano mecanismos tales como Cargo por Capacidad. Con este concepto se busca reconocer parte de los costos de inversión de las plantas que se requieren para asegurar la confiabilidad del sistema en condiciones de extrema sequía; asimismo, se crea el Cargo por confiabilidad, con el fin de garantizar la disponibilidad de recursos para abastecer la demanda de energía en condiciones de escasez, se introdujo uno de los objetivos del cargo por confiabilidad, que bajo el nuevo esquema, significó asegurar la expansión del sistema en cuanto a generación.

La mezcla de saturación de mercados, el agotamiento tecnológico y desasosiego político en sus predios tradicionales, lleva a las industrias de las empresas maduras a intentar expandirse fuera de sus áreas acostumbradas de inversión, tanto sectoriales como geográficas; el caso de ISA S.A., con sus procesos de expansión en transmisión eléctrica regional la ha llevado a países como Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil y en el caso de la empresa de la EEB S.A. E.S.P. con la expansión de la red hacia Ecuador y Perú.

Las fuerzas que ayudan en este proceso exploratorio son decisivas para el surgimiento de la nueva revolución tecnológica y para la articulación de un nuevo paradigma. Esto a causa de la sobre adaptación del ambiente al paradigma vigente, el cual sistemáticamente había estado excluyendo, subestimando o marginando las innovaciones ubicadas fuera de las trayectorias acostumbradas además se levantan los obstáculos a las innovaciones radicales fuera de los caminos trillados y abre oportunidades tecnológicas verdaderamente nuevas, algunas de las

cuales se van a articular después de la nueva revolución (Pérez, 2005).

Se dilata o se reversa con la expansión internacional la madurez y se re-incursiona en la etapa de sinergia dado que algunos países se encuentran rezagados respecto al país central⁴⁹. Hay que evaluar cómo enfrentaron los países en que ha incursionado la etapa de sinergia en sus sectores eléctricos y si existe rezago en materia de asociatividad y demás características propias de la etapa. Hay entonces que evaluar cuál de los puntos de Pérez (2003) tiene potencialidad para explotar con innovaciones organizacionales en futuras investigaciones.

Una característica destacable y relevante que se presenta con especial particularidad en el sector eléctrico colombiano está relacionado con la forma de recomposición de nuevos capitales donde el papel del financiamiento externo suele estar determinado por la naturaleza de las innovaciones específicas involucradas (Hernández, 2008). Este financiamiento implica el desplazamiento de capital municipal y departamental a capital nacional y transnacional, para la ampliación de las redes dándose a su vez,

innovaciones de mercado en el proceso expansionista del capital. Esto es reafirmado por los datos encontrados en la investigación. El crecimiento de las innovaciones financieras entre el tercer y cuarto período es de casi un 10% y el crecimiento de las innovaciones de mercado para el mismo comparativo de períodos es de más de 30% (ver Ilustración 6).

Las innovaciones financieras en este período se desarrollan respondiendo principalmente a la adopción de nuevas prácticas de regulación flexible, como lo son el mayor límite que se le da a la participación de firmas a las que no se les permitía la integración vertical (en el mercado eléctrico por ejemplo, firmas que antes eran exclusivamente trasmisoras, ahora pueden ser distribuidoras), que logran potenciar a los mercados de una gran manera.

En la medida que mercados antes regulados y controlados por instituciones regulatorias fuertes se dinamizan y expanden por la opción de un mercado más flexible y abierto a la competencia, el capital productivo busca la manera de entrar en el mercado que este ofreciendo mayores oportunidades de negocio y que antes no estaban estipuladas.

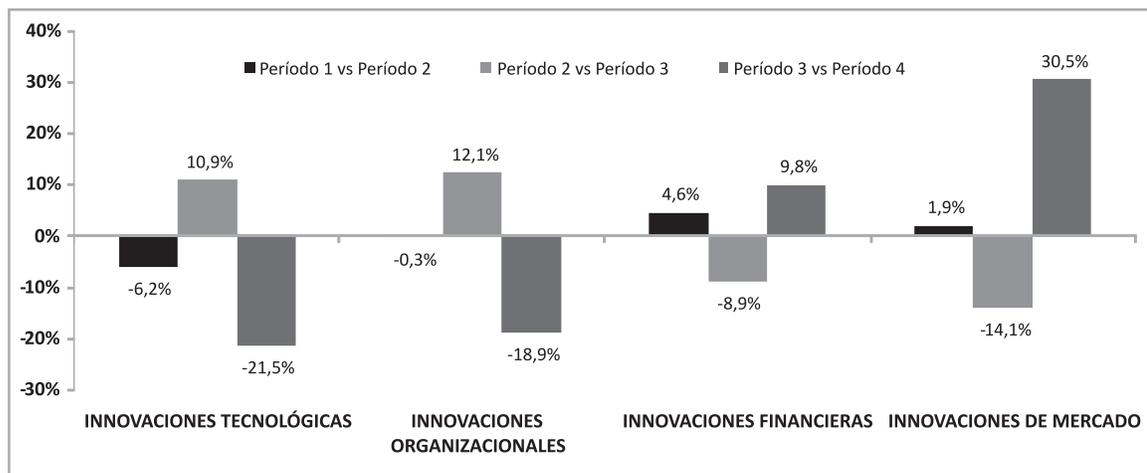


Ilustración 6. Variación entre períodos de las innovaciones por tipo encontradas en Colombia⁵⁰

⁴⁹ En el caso de la región Andina, este país es Colombia.

⁵⁰ Elaboración propia con base en las innovaciones encontradas

Este argumento es también válido dentro de los resultados encontrados en el análisis puesto que se halló que el financiamiento de muchas compañías del país empezaba hace más de 100 años con capitalización del municipio y, un siglo después, a mediados de la primera década de siglo XXI, su capital ya es controlado en un gran porcentaje por capitales extranjeros⁵¹.

Para garantizar esto, las empresas han tenido que mantener actualizado tecnológicamente el sistema y generar conocimiento, logrando que el sector de la energía sea uno de los más fuertes en Colombia, pues en 2008 tuvo ingresos que superaron los 8.500 millones de dólares, trabajando en los primeros planes de internacionalización impulsados por las empresas más grandes del negocio.

Las condiciones del mercado en cuanto a los servicios asociados a la energía eléctrica, muestran uno de los espacios más importantes para crecer, porque precisamente se detectaron condiciones favorables en todo el mundo para la entrada de nuevos jugados.

Entre los que ya están manejando este nicho aparecen Elyo y Dalkia de Francia, RWE Solutions de Alemania y Kema Consulting de Holanda.

Como lo menciona Pérez (2005), una gran parte de los fondos de inversión en nuevos proyectos están dispuestos a ser posiblemente destinados al redespigue geográfica. Esta característica se hace presente en el cuarto periodo de análisis; es aquí donde surgen bastantes innovaciones de mercado en las que las compañías dueñas del capital tanto financiero como productivo se empecinan en la expansión de sus servicios hacia zonas en las que geográficamente antes no hacían presencia, fenómeno presentado con un gran impulso en la década de los noventas⁵² (ver Ilustración 7); en el mercado eléctrico es destacable la expansión a los diferentes municipios y cascos rurales de las diferentes ciudades del país donde la cobertura de prestación del servicio a través de la extensión de redes de transmisión eléctrica es bastante elevado por la vía del Sistema Interconectado Nacional, cubriendo alrededor del 96% en las áreas urbanas.

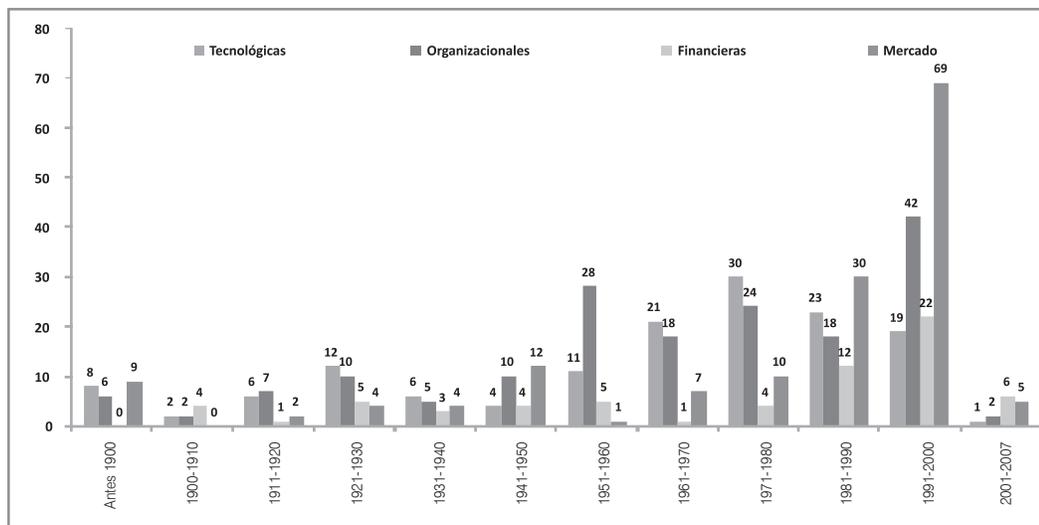


Ilustración 7. Número de innovaciones por tipo encontradas por década⁵³

⁵¹ El caso por ejemplo de la Empresa de Energía de Bogotá hoy por hoy con una participación accionaria mixta (80% propiedad del Distrito de Bogotá) y que hacia 1890 era Bogotá Electric Light Co, (constituida como una pequeña empresa de capital privado).

⁵² El número de innovaciones de mercado en el cuarto periodo de análisis mostraron el 41.8% del total de innovaciones encontradas.

⁵³ Fuente: Elaboración propia con base en las innovaciones encontradas.

La regulación ha venido evolucionando hacia la conformación de un esquema completo. Los agentes manifiestan que se han presentado cambios que tienen impacto en las finanzas de las empresas. Sin embargo, estos riesgos son inherentes a un mercado nuevo, en el cual se deben hacer ajustes para corregir imperfecciones y adaptar a los cambios del entorno. En la medida que pasa el tiempo de desarrollo del mercado se espera que estos cambios sean menores y se deben limitar a los estrictamente necesarios para adaptarse a los cambios del entorno.

Las innovaciones organizacionales en este período presentan un decrecimiento del orden de 19% con respecto al tercer período de análisis; en este período se demanda una mayor preponderancia en innovaciones “hardware” que requieren financiamiento para su expansión. Por esto la preponderancia en el crecimiento de innovaciones financieras y de mercado.

Como fue ilustrado en apartados anteriores, en los anteriores períodos preponderaron en su crecimiento las innovaciones tipo “software” referentes a la coordinación de los recursos alrededor de nuevas tecnologías. De ahí, que las de mayor preponderancia sea las de las innovaciones organizacionales.

En la actualidad el registro de proyectos de generación tiene una capacidad inscrita de 13.545,8 megavatios (MW) de los cuales 7.685,5 MW corresponden a proyectos hidráulicos; 2.884,6 MW a proyectos de carbón mineral; 2.520,5 MW a proyectos de gas natural; 305 MW a proyectos de aceite; 44,9 MW a proyectos de cogeneración y 20 MW a proyectos eólicos.

Con el Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas no Interconectadas (Fazni), el Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas Rurales Interconectadas (Faer) y el Programa de Modernización de Redes Eléctricas (Pro-ne) se han realizado inversiones por el orden de los \$472.000 millones, llevando el servicio a 180.000 nuevos usuarios y formalizando el servicio a otras 67.000 personas. Hoy la cobertura de energía eléctrica en Colombia alcanza el 97%. El crecimiento más importante ha estado en la zona rural, en donde pasó del 82% en 2003 al 89% en 2008.

Con estas inversiones, sumadas a las que ejecuten los operadores y las concesiones del servicio en las zonas no interconectadas, el país contará en 2011 con una cobertura del 100%.

Actualmente se realizan exportaciones de energía a Ecuador y Venezuela. Las exportaciones a Ecuador están cobijadas bajo el esquema regulatorio TIE (Transacciones Internacionales de Electricidad) y las exportaciones a Venezuela son parte de un acuerdo comercial bilateral. En el caso de Venezuela, Isagén le vende energía a Edelca desde septiembre de 2008 y este año se volvió a renovar el contrato.

El proyecto de interconexión eléctrica entre Colombia y Panamá se encuentra en los estudios iniciales de ingeniería básica, el proyecto consiste en la construcción de una línea de transmisión eléctrica de aproximadamente 614 kilómetros (340 en territorio colombiano y 270 en territorio panameño). La capacidad de transporte de la línea será de 300 MW en su primera etapa con posibilidad de ampliarse a 600 MW. La inversión total del proyecto podría estar alrededor de los US\$400 millones.

Puerto Rico, República Dominicana y Colombia firmaron recientemente un acuerdo con el propósito de iniciar estudios que ayuden a definir alternativas de suministro de electricidad desde Colombia hasta las islas del Caribe. A la fecha se están analizando los resultados preliminares de un proyecto de investigación realizado por parte de ISA, EPM, Isagén, Colciencias y el CIDET (Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico), para determinar la viabilidad tecnológica, técnica y económica de una interconexión eléctrica entre Colombia, Estados Unidos (Estado de la Florida) y las islas del Caribe.

5. Caso de análisis ISA S.A.

Dentro de la teoría de inter-activismo metodológico expresada por autores como Bart Nooteboom (1999) se requiere de un análisis que complemente la ciencia cognitiva, la economía y la sociología explorando campos de análisis aplicados al desarrollo empresarial a la hora de encontrar las relaciones de complementariedad entre el conocimiento de los individuos y el conocimiento organizacional dentro

y con actores fuera de la propia empresa: Nootboom ha contribuido al análisis de las relaciones interempresariales, incorporando dimensiones de naturaleza evolutiva para comprender la lógica en ellas presente.

Se quiere contribuir al análisis de dónde y cómo las fases de exploración y explotación⁵⁴ pueden ocurrir entre las comunidades y las organizaciones (para nuestro caso de análisis el Grupo Empresarial ISA S.A.). Esto se logró a través de análisis de ciclos de la empresa examinando la relación entre estabilidad y el cambio al interior de la compañía y con las innovaciones presentes en la misma, utilizando los sumarios de aprendizaje para hacer mejor y nuevas acciones al interior del grupo empresarial.

Para hacer esto, se requirió detectar las redes intra-organizacionales e inter-organizacionales de ISA S.A., también se hizo necesario entender los procesos de distancia cognitiva (toda la información y como se relaciona la misma en el grupo empresarial), asimilar el desempeño de la firma a través del entendimiento y la cooperación presente en las comunidades de práctica dentro de la firma en las áreas de investigación y desarrollo, producción y ventas principalmente. Se analizaron las interrelaciones que propiciaron los procesos de cooperación que han llevado al grupo empresarial al crecimiento y posicionamiento que tiene en la región latinoamericana.

Una primera aproximación nos muestra a ISA S.A. como un grupo empresarial que ha logrado un desarrollo pleno de sus procesos tecnológicos vía una apropiada conjunción en conjunto de innovaciones y que está en camino de acceder a una re-invencción en su ciclo de desarrollo tecnológico.

5.1. Resultados del análisis y la dinámica evolutiva del grupo empresarial ISA S.A.

ISA se encuentra ya en una fase de explotación en su dinámica institucional; siguiendo los planteamiento teóricos de Nootboom (1999), actualmente el grupo empresarial es el mayor transportador de energía de América Latina, con 38.000 Km. de redes en Colombia, Bolivia, Brasil y Perú. La cooperación inter-empresa en ISA S.A. fue identificada como el vínculo de colaboración que estableció con otras firmas con el fin de alcanzar un objetivo o expectativa común (esto se encontró de acuerdo con lo observado por el Grupo principalmente cuando se entró a participar en el negocio de las telecomunicaciones)⁵⁵. Esta relación de intercambio de conocimiento para ISA S.A. involucró más que el intercambio de información disponible en el mercado; el Grupo logró en los últimos 10 años el crecimiento de sus negocios en telecomunicaciones mediante el diseño y construcción de sistemas de infraestructura lineal en lugares donde la presencia del Grupo logró ser relevante, un ejemplo típico de surgimiento de innovaciones tecnológicas y de mercado⁵⁶.

En ISA S.A. se identifica así mismo la importancia de los activos específicos, en la dependencia y la existencia de rehenes en el proceso de coordinación inter-firma, pero en un contexto en el cual la asimetría de conocimientos, la ausencia de un lenguaje común y la diversidad de experiencias entre las partes generan incertidumbre. Ante tal fluctuación en los procesos, ISA S.A. lleva más de 7 años realizando ejercicios de prospectiva y construcción de escenarios que le han servido de ejercicio continuo para encontrar las posibles alternativas ante potenciales problemas desplegando nuevos procesos, esto es innovaciones en sus cuatro formas presentadas en el análisis de la investigación desarrollada.

⁵⁴ La fase de exploración es definida como la de potencialidad de alcance de la distancia cognitiva óptima en la firma, la fase de explotación es en la que las firmas ha llegado a un ciclo de maduración en su curva de aprendizaje institucional.

⁵⁵ En telecomunicaciones el Grupo ISA tiene a la empresa INTERNEXA, única compañía dedicada al negocio portador de portadores en toda la región, una especialización que le permite integrar a los diferentes países sobre una red de 6.798 kilómetros de fibra óptica y crear la gran red (network) regional.

⁵⁶ En el mercado colombiano, INTERNEXA es líder como portador de portadores, con una participación del 64% del servicio y del 35% del transporte de Internet. También dispone de una red de acceso propia soportada en la tecnología inalámbrica para prestar servicios telemáticos y de conectividad, aprovechando la utilización de la infraestructura eléctrica para extender redes de fibra óptica y facilitar las comunicaciones empresariales.

A comienzos de la primera década del siglo XXI, la empresa ganó su primera convocatoria en Perú para construir y operar redes eléctricas. Ahora es una multinacional que emplea aproximadamente unas 2.500 personas de distintas nacionalidades. Entre sus planes a futuro están la incursión en el mercado de Estados Unidos, donde está analizando oportunidades que requerirían de elevados recursos de capital y también espera consolidarse en negocios de infraestructura como el transporte de gas y la construcción de carreteras.

Para el Grupo Empresarial y, siguiendo los preceptos de Nootboom (1999), la confianza, y no el oportunismo, han regido las relaciones de cooperación entre firmas (tanto proveedoras como competidoras) en la medida que se ha logrado que el personal a todos los niveles de la compañía reduzca su brecha cognitiva⁵⁷, las partes logran comunicarse e integran a su saber rutinas y hábitos de negociación y de producción, y se han adherido de manera positiva a través de las rutinas y las capacitaciones a las reglas sociales del intercambio.

Nootboom subraya que los procesos de aprendizaje, que condicionan las relaciones de cooperación entre los actores sociales, están ligados a contextos situacionales e históricos. Es decir, cada una de las partes, e incluso la relación de colaboración que establezcan, se encuentran restringidas a la acumulación de rutinas, recursos (materiales, financieros y humanos) y conocimientos que generan sendas de dependencia (path dependence) (Nootboom, 1999), que condicionan, por razones históricas, el comportamiento y las estrategias que eligen los distintos actores al interior del Grupo. ISA S.A. ha respondido ante estos procesos de aprendizaje y reducción de la distancia cognitiva y ha implementado mecanismos al interior del grupo que surgen como dispositivos de apoyo y monitoreo que sirven de desarrollo de sus relaciones interfirma conjunto de elementos de la organización (ver Ilustración 8), con elementos internos de la compañía que se han podido externalizar positivamente (recursos, sistemas de información, procesos, cultura, estructura, políticas y metas) que, tomados integralmente, apoyan a los integrantes de la compañía en el logro de sus objetivos tanto personales como los del Grupo.

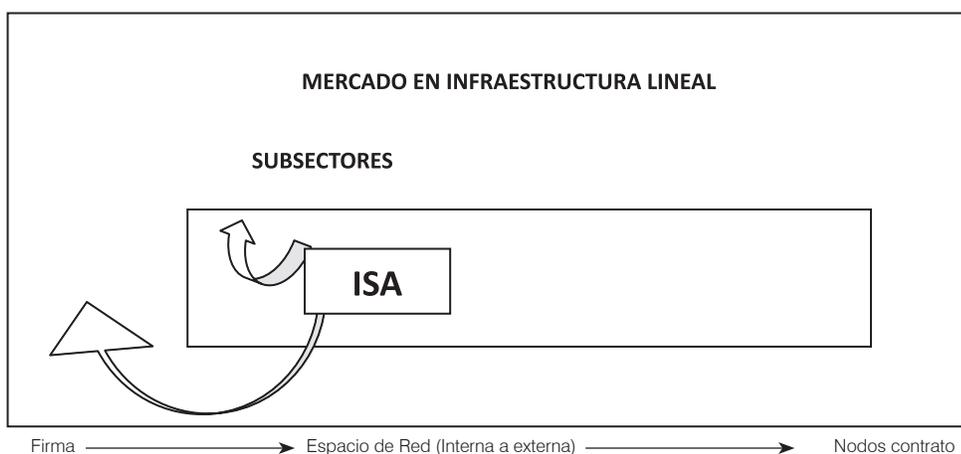


Ilustración 8. Externalización de ISA S.A.⁵⁸

⁵⁷ Brecha cognitiva es el término que utiliza principalmente la UNESCO para notar el distanciamiento entre las personas que tienen acceso a las Sociedades del Conocimiento (SCo) y participan en ellas y aquellas que no tienen acceso a ésta, por lo que no tienen la posibilidad al aprovechamiento compartido del conocimiento.

⁵⁸ Fuente: Elaboración propia.

ISA S.A. se ha convertido en una de las empresas colombianas de más rápida expansión internacional (después de los resultados encontrados en la investigación se podría decir que es la compañía colombiana con el mayor número de innovaciones de mercado) y al mismo tiempo fue pionera en los procesos de democratización, pasos que fueron seguidos por Isagén y Ecopetrol.

La historia del cambio de ISA comenzó en forma en el año 2000 luego de un fracasado intento de privatización (ISA S.A., 2000). Fue precisamente ese factor el que llevó a pensar en nuevas alternativas para atraer capital fresco. Un notorio e innovador desarrollo financiero, pionero en el país; se aprovechó la coyuntura para establecer reglas claves de gobierno corporativo (ejemplo de innovaciones organizacionales generadas al interior del Grupo vía códigos de buen gobierno).

Otra acción presente en el desarrollo corporativo de la compañía y que la señala como pionera en el desarrollo de innovaciones es el hecho que hasta finales de la década de los noventa, lo usual era que las empresas extranjeras llegaran al país a comprar activos y no que las firmas colombianas salieran a adquirir negocios en el exterior ver el caso de las empresas españolas; ISA S.A. cambió ese paradigma⁵⁹ y ahora se consolida como el mayor transportador internacional de energía de América Latina, con más de 38.000 kilómetros de circuito a alta tensión. Así mismo, tiene ya presencia en Centroamérica (innovación de mercado en 2008), ya que es uno de los nueve socios de la empresa que se ha constituido para concretar la interconexión de esa región, dentro de los parámetros que tiene fijados el plan llamado Puebla-Panamá.

Así mismo, la compañía se encuentra en proceso de abrir una compañía de telecomunicaciones utilizando la red en Sao Paulo, y la visión de largo plazo es tener a Latinoamérica y Centroamérica conectadas por una red superficial alterna a los cables submarinos, generando no solo sinergias con innovaciones tecnológicas sino también de mercado.

Es difícil esperar nuevas innovaciones financieras como las presentadas en años anteriores; el margen para una nueva emisión de acciones entre el público es muy pequeño, porque al tener el Gobierno el 52% de la propiedad, es dificultoso que se salga de una parte de ese porcentaje sin cobrar por el control. ISA, cuenta actualmente con doce empresas que la consolidan como el mayor transportador internacional de energía de América Latina, con más de 38.000 kilómetros de circuito de alta tensión. En Colombia: ISA, Transelca y XM-Compañía de Expertos en Mercados. En Perú: ISA Perú, Red de Energía del Perú (REP), TransMantaro y Proyectos de Infraestructura del Perú (PD). En Bolivia: ISA Bolivia. Y en Brasil: CTEEP, adquirida a través de su vehículo de inversión ISA Capital do Brasil, Pinheiros, IESUL y Serra Do Japi, subsidiarias de ISA a través de CTEEP”, detalla la organización.

En América Central, ISA posee una participación accionaria del 11,11% en la EPR (Empresa Propietaria de la Red), la cual construye el Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central (SIEPAC). Igualmente, en Panamá ISA tiene una inversión del 50% en la empresa Interconexión Eléctrica Colombia Panamá (ICP), la cual adelanta, conjuntamente con la Empresa de Transmisión Eléctrica S.A. (ETESA), los estudios de viabilidad técnica y ambiental para el desarrollo del proyecto de interconexión entre Colombia y Panamá.

⁵⁹ ISA tiene actualmente presencia en Colombia, Brasil, Perú, Bolivia y Centro América, a través de sus filiales y subsidiarias incursiona en el diseño, construcción, administración y operación de sistemas de infraestructura lineal en electricidad y conectividad en telecomunicaciones. En el sector de la electricidad el grupo empresarial ISA cuenta con diez empresas: ISA, TRANSELCA y XM (Compañía de Expertos en Mercados), en Colombia; ISA Perú, Red de Energía del Perú (REP), TransMantaro y Proyectos de Infraestructura del Perú (PDI), en Perú; ISA Bolivia, en Bolivia y en Brasil posee las subsidiarias CTEEP (adquirida a través de inversión ISA Capital do Brasil) e Interligação Elétrica Pinheiros.

Para consolidar toda esta gama de propósitos que pretenden cumplir con los objetivos de la internacionalización, el trabajo estará enfocado en la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica a través de exportaciones en un mercado regional e inversión extranjera directa de salida; producción de bienes para aumentar el consumo interno y concentrarse en la exportación hacia nichos especializados, donde no sólo se trabaje en una nueva administración, sino en operación de esos mercados desde sus propios terrenos.

Es evidente la ejemplificación del ciclo virtuoso de crecimiento en el sector eléctrico y la evolución hacia un nuevo paradigma tecno-económico del Grupo Empresarial ISA S.A. desde su constitución en 1967, hasta la fecha; es de notar el gran dinamismo que la firma ha tenido apoyada en las innovaciones presentes en todos sus procesos la cual le ha permitido ser referente para todas las compañías colombianas, y no sólo del sector eléctrico.

6. Conclusiones

La investigación muestra que existen bastantes patrones similares y de concordancia entre los planteamientos teóricos de Carlota Pérez (2005) en cuanto al desarrollo del ciclo de vida tecnológico y las fases de estudio propuestas para el mercado eléctrico de Colombia.

En cuanto al análisis de una fase de madurez en la cual se plantearía la situación actual del sector eléctrico en el país, quedan dudas en cuanto al grado de estabilidad de las firmas en el sector y al alto desarrollo que se ha potenciado de innovaciones financieras en el sector en los últimos años que pareciera estar llevando a un turbulento y cambiante paradigma tecno-económico determinado por las nuevas formas de transacción financieras y que potenciarán nuevos y variados desarrollos en el campo de la electrónica dentro del sector.

Este potenciamiento del sector eléctrico a su vez muestra que las innovaciones externas al paradigma son adaptadas satisfactoriamente por el mercado eléctrico, y se potencian y retroalimentan de las mismas. Por ejemplo, innovaciones en los procesos

de producción, generan aumentos en la demanda de electricidad y a mediano plazo potencian el crecimiento de la capacidad instalada para generación tanto hidroeléctrica como termoeléctrica, potenciando una especie de Hyper-adaptación entre el sector eléctrico y los sectores productivo y comercial en Colombia.

Aún no es rotundamente claro que el sector eléctrico colombiano se encontrará en una fase de madurez en la primera década del siglo XXI, aunque hay claros indicios en lo desarrollado a través de la investigación de que se presentan características propias de esta fase según los planteamientos teóricos de Pérez (2005), y surge la duda si el sector eléctrico colombiano está saturado en su desarrollo o si aún existe algún margen de maniobra para expansiones futuras significativas.

Si bien, la tesis del aprendizaje han constituido el tema central de la problemática tecnológica, el proceso de asimilación de tecnología deberá convertirse en el futuro más cercano en el nódulo desencadenante de un proceso de cambio tecnológico, verdaderamente endógeno, que tenga como horizonte el desarrollo de la autosuficiencia tecnológica en especial en países como Colombia donde hemos encontrado el desarrollo de una visión más acumulacionista que asimilacionista.

Una primera fase ampliada (irrupción y frenesí) es entonces de acumulación y una segunda fase (sinergia y madurez) para la difusión es de asimilación y coordinación (Nelson, 2000). De ahí que las visiones netamente acumulacionistas de crecimiento de capital (tecnológico y humano) son adecuadas para un período inicial de difusión tecnológica, que es consecuencia de la dinámica constante del capital financiero a la búsqueda de márgenes amplios de rentabilidad en períodos cortos de tiempo.

El caso colombiano muestra el proceso de difusión tecnológica del sector eléctrico en un período de casi 100 años, suficiente cantidad de tiempo para determinar algunos patrones de comportamiento, donde en los últimos años analizados encontramos nuevos mercados informales de financiación, apadrinados por “inversionistas ángeles”, especie de unión de empresarios mentores de otros.

En las características de la visión acumulacionista que fue identificada en la primera etapa del ciclo de desarrollo tecnológico, se encontraron patrones particulares como: Invertir en capital (físico y humano) a través de inversiones en infraestructura y ampliación de redes por poner un ejemplo, también es un problema de incentivos y asignación de recursos donde el conocimiento tecnológico incorporado al capital y es codificado en manuales de operación.

En la visión asimilacionista identificada en las últimas etapas del ciclo, se identificaron patrones que se familiarizan con la mayor participación de las innovaciones organizacionales y financieras en los últimos períodos del ciclo, tal que la inversión en capital físico y humano no es condición suficiente para mantener el crecimiento sostenido y la rentabilidad, el conocimiento tecnológico no es sólo codificado y se presenta la irreducibilidad del conocimiento; el conocimiento tácito generando capacidades de acumulación y aprendizaje.

Ésta investigación no muestra cómo se llevan a cabo las conexiones entre individuos sino los resultados que son la mayor intensidad relativa de las innovaciones organizacionales y financieras en la fase asimilacionista del paradigma, algo clave desde el punto de vista de la economía evolucionista.

Tal y como lo menciona Hernández (2008), en los períodos de cambio de paradigma se abre una ventana de oportunidad para dar el salto, así como para alcanzar a los punteros y reducir la brecha tecnológica con los PD. En los países de la región andina, incluyendo a Colombia, ésta oportunidad no es aprovechada puesto que los procesos innovadores no son originales sino adaptativos y merman la capacidad de responder de una manera más eficiente ante la posibilidad de lograr un mayor y mejor desarrollo industrial sostenido.

Dada la argumentación teórica analizada (co-evolución, mercado y división del trabajo) y de analizar los datos desagregados por innovación, al recapitular el análisis, se encontró que los datos nos dan como resultado unas recurrencias y patrones en el surgimiento de las innovaciones y por tanto en la generación de conocimiento, así mismo, se vuelve

a la teoría y le damos un sentido propio al caso de estudio.

El tamaño típico de las empresas más grandes de cada paradigma tiende a ser mayor que el de las anteriores y su forma tiende a ser distinta. La integración vertical alrededor de un producto medular desde las materias primas hasta el cliente final de las empresas más poderosas del periodo. También se da que la integración horizontal es típica, de manera que los fabricantes de productos finales ampliaron la gama de productos similares, en lugar de integrarse hacia atrás en dirección a las materias primas, además se desarrollan redes transcontinentales que abarcan toda la gama de segmentos tanto horizontales como verticales en diversos mercados de bienes y servicios como vemos reflejado en el Grupo Empresarial ISA S.A.

7. Referencias

- Acemoglu, D. Robinson, J. & Jhonson, S. (2005) Institutions as the Fundamental cause of Long-Run Growth, Handbook of Economic Growth.
- Arocena, R. & Sutz J. (2002). Innovation Systems and Developing Countries, DRUID (Danish Research Unit for Industrial Dynamics. Working paper No. 02-05. Disponible en: http://www.druid.dk/uploads/tx_picturedb/wp02-05.pdf
- Ávila, R. & Hernández, I. (2005) Evolución del Sector Eléctrico Colombiano: Co-evolución de Innovaciones Tecnológicas, Organizacionales y Financieras. En: Revista Mundo Eléctrico No. 60. Julio a Septiembre de 2005. Separata de Investigación y Desarrollo. Pág. 49-53.
- Carney, M. & Gedalovijc, E. (2000). The co-evolution of institutional environments and organizational strategies: the rise of family business groups in the ASEAN region. International Journal of Innovation Management.
- EAFIT (2004). Asesoría para la Estimación de las Mejoras en Productividad Periódicas que logran las Firms en las Actividades de transmisión de Energía Eléctrica, Sistema Nacional de Transporte de Gas, y Transporte, Almacenamiento y Distribución de GLP. Medellín.
- Freeman, Ch. & Perez, C. (1988), "Structural crises of adjustment: business cycles and investment behaviour", En: G. Dosi, et al., Op.cit.
- García, M., Dyner, I., Botero, S., Hernández, I., Suárez, C. & Ávila, R. (2006). Desarrollo de sistemas de seguimiento a mercados eléctricos internacionales: aplicación a los países de la región andina, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Económicas.
- Goldschmidt, R. (1940). "An empirical evolutionary generalization viewed from the standpoint of phenogenetics". Am. Nat. 80: 305.
- Gowdy, J.M. (1994) Coevolutionary Economics: The economy society and the environment. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.

- Hernández, I. (2004) "Los modelos de difusión evolucionista. Una aproximación institucional", Cuadernos de Economía, v. XXIII, n. 40, Bogotá, páginas 79-110.
- Hernández, I. (2008) Empresa, Innovación y Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Económicas, Grupo de Investigación en Economía Evolucionista e Institucional.
- Hodgson, G.M. (1993). Economics and Evolution: Bringing back life into economics. Polity Press and University of Michigan Press. Cambridge and Ann Arbor.
- ISA S.A. (2002) El Sector Eléctrico Colombiano: Orígenes, Evolución y Retos. Un siglo de Desarrollo (1882-1999). Interconexión Eléctrica. S.A
- Levinthal, D. & Myatt, J. (1994). Co-evolution of capabilities and industry: The evolution of mutual fund processing Strategic. Management Journal.
- Lewin, A., Long, C. & Carroll, T. (1999) The Coevolution of New Organizational Forms. En: Organization Science, Vol. 10, No. 5, (Sep. - Oct., 1999), pp. 535-550.
- Lipczynski, J. & J. Wilson, (2001). Industrial Organization - An analysis of Competitive Markets, Prentice Hall, London - New York.
- Machado, F. M. (1997). Gestión tecnológica para un salto en el desarrollo industrial. Madrid.
- Metcalfe, S. (1998). Evolutionary Economics and Creative Destruction. The Graz Schumpeter Lectures. London & New York: Routledge.
- Metcalfe, S. (2000). Restless Capitalism: Increasing Returns and Growth in Enterprise Economics. Centre for Research on Innovation and Competition.
- Mokyr, J. (1990). The Lever of Riches, Technological Creativity and Economic Progress, New York, Oxford University Press.
- Nelson, R. R. (1968). A Diffusion Model of International Productivity Differences in Manufacturing Industry. American Economic Review. 58(5), 1219-1248.
- Nelson, R. R. (1995). "Recent Evolutionary Theorizing About Economic Change" Journal of Economic Literature, Vol. XXXIII, March.
- Nelson, R. R. (2000, mayo 2). On the complexities and Limits of Market Organization. Columbia University. Conferencia presentada en el Centro para la Investigación en Innovación y Competencia, Universidad de Manchester.
- Nelson, R. R. (2002). "The problem of market bias in modern capitalist economies," Industrial and Corporate Change, Oxford University Press, vol. 11(2), pages 207-244.
- Norgaard, R.B. (1984). Coevolutionary Development Potential. Land Economics 60.
- Norgaard, R.B. (1994). Development Betrayed: The end of Progress and a Coevolutionary Revisioning of the future. Routledge, London and New York.
- Nooteboom, B. (1999). Innovation and inter-firm linkages: New implications for policy, Research Policy, 28 Pp: 793-805.
- OECD. (1996). Manual de Frascati. Medición de las actividades científicas y tecnológicas. París, OECD.
- Pavón, J. & Hidalgo, A. (1997) Gestión e Innovación: Un enfoque estratégico. Madrid: Pirámide.
- Pérez, C. (2000) "El cambio tecnológico y las oportunidades de desarrollo como objetivo móvil" Mesa Redonda de Alto Nivel sobre Comercio y Desarrollo: Orientaciones para el siglo XXI Bangkok, 12 de febrero.
- Pérez, C. (2002) Revoluciones Tecnológicas y paradigmas tecno-económicos como armazones para diseñar la política industrial.
- Pérez, C. (2003). Technological Revolutions and Financial Capital. The Dynamics of Bubbles and Golden Ages. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Pérez, C. (2005) Revoluciones Tecnológicas y Capital Financiero: La dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza. Siglo XXI editores, México.
- Porter, M. (1982). Estrategia Competitiva. Cía. Editorial Continental, México.
- Rogers, R.W. (1983). Cognitive and physiological processes in fear appeals and attitude change: A revised theory of protection motivation. In J. Cacioppo & R. Petty (Eds.), Social Psychophysiology. New York: Guilford Press.
- Sanclemente, C. (1993). Desarrollo y Crisis del Sector Eléctrico Colombiano 1890-1993. Empresa Editorial Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Schumpeter, J. (1935) Análisis del cambio económico. USA, the Review of Economics Statistics. Vol XVII no. 4. Pp 2-10. Traducido al Español y Publicado en Ensayos sobre el Ciclo Económico. Fondo de Cultura Económica, México.
- Tushman, M. (1977) "A Political Approach to Organizations: A Review and Rationale." The Academy of Management Review 2, no. 2: 206-216.
- Vargas, M., Malaver, F. & Zerda, A. (2003) La innovación tecnológica en la industria colombiana, Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, Colciencias, Bogotá.
- Weise, P. (1997) Evolución Económica y Auto-organización. Traducido del alemán por Jesús Gualdrón. En: Hojas Económicas. Revista Facultad de Economía Universidad Autónoma de Colombia.