



20

Nuevo Paradigma Tecno - Económico e Innovación en la Industria de la Construcción

Hernán Braude - Florencia Barletta
Área de Pensamiento Estratégico



CÁMARA ARGENTINA
DE LA CONSTRUCCIÓN

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de la cubierta, puede ser reproducida, almacenada o transmitida en manera alguna ni por ningún medio, ya sea electrónico, químico, mecánico, óptico, de grabación o de fotocopia, sin previo permiso escrito del editor.



CÁMARA ARGENTINA
DE LA CONSTRUCCIÓN

NUEVO PARADIGMA TECNO-ECONÓMICO E INNOVACIÓN EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

María Florencia Barletta
Hernán Braude

Área de Pensamiento Estratégico

Diciembre 2013

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1. Introducción | 7 |
| 2. Marco teórico – conceptual | 9 |
| 2.1. Paradigmas tecno - económicos | 9 |
| 2.2. Sistemas y redes de valor | 12 |
| 2.3. La conceptualización de la innovación y su impacto en la productividad | 13 |
| 2.4. La especificidad de la industria de la construcción | 15 |
| 3. La cadena de la construcción residencial argentina: estructura organizacional y difusión de tecnologías | 17 |
| 3.1. La era del petróleo y la producción en masa: 1910 - 1970 | 18 |
| 3.1.1. La revolución organizativa | 18 |
| 3.1.2. La revolución tecnológica | 19 |
| 3.2. La era de las TICs y la producción flexible: 1970 - actualidad | 26 |
| 3.2.1. La revolución organizativa | 26 |
| 3.2.2. La revolución tecnológica | 29 |
| 3.2.2.1. Desarrollo | 32 |
| 3.2.2.2. Diseño | 33 |
| 3.2.2.3. Cálculo estructural | 36 |
| 3.2.2.4. Comercialización | 36 |
| 3.2.2.5. Administración y gestión | 38 |
| 3.2.2.6. Obra | 40 |
| 4. Conclusiones | 42 |
| 5. Bibliografía | 46 |

1. Introducción

A principios de la década del 70 emerge a nivel global un nuevo paradigma tecno- económico que se deriva de la irrupción de una nueva revolución que se manifiesta tanto a nivel tecnológico como organizacional. En el primer caso, se produce la aparición de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (en adelante, TICs), que emergen como una nueva actividad económica y se difunden, a distinto ritmo y grado de penetración, en el resto del entramado productivo, generando fuertes ganancias de productividad a nivel de sectores, regiones y países. En el segundo caso, los cambios organizacionales se ponen de manifiesto en la flexibilización de los procesos productivos, acompañada de la emergencia de un proceso de fragmentación de la producción que conduce a la desintegración vertical y la organización en red de las diferentes actividades.

En este marco, el objetivo general de este trabajo es analizar cualitativamente las formas bajo las cuales ambas revoluciones tuvieron lugar en la industria de la construcción residencial argentina. Las preguntas que guían esta investigación son las siguientes: ¿cuáles tecnologías de la información y la comunicación fueron introducidas en los últimos 20 años por los diferentes actores de la industria? ¿Cuáles fueron los cambios que tuvieron lugar a nivel organizacional en la industria en su conjunto? ¿De qué manera se combinan las revoluciones tecnológica y organizacional en el proceso de producción de la construcción? ¿Cuál fue el impacto sobre la productividad de las diferentes actividades involucradas en la cadena de la construcción y en la industria en su conjunto?

El interés en responder estas preguntas deviene de una serie de factores que inducen a pensar la industria como un sector tradicional, no innovador y poco productivo –a nivel global y en la Argentina en particular-. En primer lugar, en el caso de la Argentina existe una percepción generalizada, tanto en el empresariado de la industria como a nivel social, sobre un estancamiento de la productividad en la última década. En segundo lugar, la evidencia empírica disponible también muestra un estancamiento relativo de la productividad en la construcción. Coremberg (2013) muestra que la productividad laboral y total de los factores del sector construcción en Argentina presenta una desaceleración durante la última década con respecto a los 90s. Según el autor, “el reducido dinamismo de la productividad laboral no pudo compensar los incrementos de costos laborales nominales y reales que sufrió el sector desde comienzos de la reactivación económica del presente siglo. La desaceleración de la productividad laboral se debe principalmente al insuficiente incremento del stock de capital y a la caída en la eficiencia productiva captada a través de la productividad total de los factores”.

A pesar de esta evidencia, la premisa que guía esta investigación es que el estancamiento de la productividad se corrobora sólo parcialmente. En el contexto del nuevo paradigma, el marco analítico y conceptual apropiado para analizar los cambios en el nivel de productividad de las firmas, sectores y países es el de

cadena o redes de valor. El trabajo revela que el proceso de fragmentación de la producción que tuvo lugar en la construcción requiere adoptar un enfoque integral que entienda a la industria como un conjunto de actores interrelacionados que actúan en diferentes etapas del proyecto constructivo que comienza con la concepción de la idea y termina con la ejecución de la obra y/o la venta. En la actualidad, la competitividad de las empresas no ocurre de manera aislada sino que depende fuertemente de las acciones de otras empresas encadenadas.

Bajo esta realidad, la principal hipótesis de trabajo es que ***la introducción de TICs en la construcción tuvo impactos positivos sobre la cadena en su conjunto, explicada principalmente por la adopción y difusión de nuevas tecnologías en las etapas de diseño, administración y gestión. Esto condujo a aumentos en la productividad laboral de los actores involucrados en esas etapas y de la cadena en su conjunto, en este último caso vía la reducción de los costos de coordinación.***

El planteo de esta hipótesis se da sobre la base de algunos hechos estilizados. En primer lugar, estas tecnologías elevan fundamentalmente las capacidades intelectuales del hombre, en contraposición a lo que acontecía en el paradigma previo, en el que potenciaban las capacidades motrices. Por lo tanto, es de esperar que su impacto positivo sea más evidente en las etapas del proyecto más intensivos en conocimiento (diseño, administración, gestión) y menos evidente en las etapas más intensivos en el uso de la fuerza motriz (ejecución de la obra).

El trabajo se organiza de la siguiente manera. En la primera sección se presenta el marco analítico y conceptual que reúne los enfoques de la economía de la innovación y de redes o cadenas de valor. En la segunda sección se describen las tecnologías y el modo organizacional predominante en la industria de la construcción bajo el paradigma previo y el vigente actualmente. En particular, se detallan los mecanismos por los cuales las nuevas tecnologías impactan sobre la productividad de la cadena de valor de la construcción residencial, a nivel agregado y en cada uno de los principales segmentos que la componen. Finalmente, se presentan las conclusiones.

2. Marco teórico - conceptual

En línea con los objetivos planteados en la introducción, el marco conceptual de esta investigación reúne elementos del enfoque de la economía de la innovación en sentido amplio (Lundvall, 1992; Nelson, 1993; Freeman, 1987; Nelson y Winter, 1982; Cohen y Levinthal, 1990; Teece y Pisano, 1994). En primer lugar, es relevante destacar para esta investigación los aportes realizados en torno a la idea de paradigmas tecno-económicos a nivel global. En particular, el primer apartado presenta qué se entiende por paradigmas, cuáles son sus principales características y cómo se manifestaron a lo largo de la historia económica mundial. En el centro de cada nuevo paradigma se encuentra la emergencia de una nueva matriz de conocimiento asociada a la introducción y la difusión en la estructura productiva de innovaciones radicales.

En ese sentido, el segundo apartado tiene por objetivo desarrollar de manera estilizada los conceptos generales sobre los diferentes tipos de innovación identificados por la literatura y presentar las especificidades de la industria de la construcción que hacen que la innovación asuma características particulares y diferentes a las manifestadas en el sector manufacturero. A su vez, es relevante entender cuál es el impacto de la innovación sobre el desempeño económico y, en particular, sobre la productividad, tanto a nivel de las empresas individuales como de las cadenas o redes de valor.

El enfoque de redes de valor, que se presenta en el tercer apartado de este marco conceptual, permite entender el carácter sistémico de la innovación bajo la idea de que ésta emerge como consecuencia de un proceso interactivo basado en el desarrollo de complementariedades de conocimiento entre los diferentes actores de un sistema o red. El concepto de redes o cadenas de valor adquiere especial importancia bajo el actual paradigma tecno-económico centrado en la microelectrónica y las TICs, debido a una serie de factores fundamentales: i) la fragmentación del proceso productivo; ii) la complejidad del proceso de conocimiento y iii) la creciente diferenciación de producto, posibilitado por las nuevas condiciones de producción y apoyado en las tendencias de consumo.

Estos elementos teóricos permitirán describir, en el capítulo 3, la cadena de valor de la construcción residencial, poniendo especial énfasis en comprender los cambios ocurridos luego de la emergencia del nuevo paradigma tecno-económico en términos del impacto de las nuevas tecnologías en los diferentes eslabones, la organización de la cadena, sus principales actores, los cambios en las relaciones de poder entre ellos y los tipos de vínculos que se entablan, entre las principales dimensiones.

2.1. Paradigmas tecno - económicos

A partir del concepto de “ondas largas” de Schumpeter (1942), Perez (2002) y Dosi (2003) desarrollan la noción de paradigmas tecno-económicos. En este enfoque, la emergencia de nuevos paradigmas hace referencia a una transformación del patrón tecnológico y organizativo, que tiene lugar a nivel global y que

cambia el sentido común en relación a las prácticas más eficientes, tanto en la producción como en las demás actividades asociadas (Pérez, 2000).

En esta línea, cada paradigma involucra: i) la emergencia de innovaciones radicales, ii) la amplia difusión en toda la estructura productiva y iii) el aumento de la productividad de las actividades económicas. En relación al primer aspecto es relevante la distinción entre innovaciones radicales e incrementales (ver apartado siguiente). Las primeras se asocian a saltos tecnológicos y discontinuidades que conducen a cambios de paradigma, mientras que las segundas se refieren a cambios a lo largo de una determinada trayectoria tecnológica en el marco de un paradigma global existente (Dosi, 1982). En algunos casos, la emergencia de una nueva matriz de conocimiento da lugar al surgimiento de nuevos sectores hasta entonces ausentes, y que conduce a procesos de cambio estructural. El segundo aspecto indica que en el marco de un nuevo paradigma, los cambios tecnológicos se difunden mucho más allá de los sectores en los que se desarrollaron originalmente. Ocurre así un proceso de reconversión y modernización del aparato productivo existente mediante la incorporación y adopción de las nuevas tecnologías. Por ello las innovaciones radicales que explican cada paradigma constituyen tecnologías genéricas o transversales que, mediante la introducción en otros sectores de actividad, dan lugar a la reducción en los costos de producción e incrementos de la productividad de la estructura económica en su conjunto (factor 3).

Sin embargo, el proceso de difusión de las tecnologías genéricas que forman parte del **core** del nuevo paradigma está lejos de ser automático y homogéneo. Las posibilidades de aprovechar estos cambios tecnológicos y absorber los beneficios potenciales de incorporar las nuevas tecnologías dependen de un amplio conjunto de factores que hacen que el proceso de difusión sea altamente heterogéneo entre firmas, sectores y países Malerba y Orsenigo (2005).

Pérez (2002) identifica cinco paradigmas tecno-económicos desde la primera revolución industrial, que se sintetizan en la Tabla 1. Cada revolución tecnológica se desarrolla en un sector de la actividad económica de un país en particular que se constituye en el líder global durante una primera fase previa a la difusión de las nuevas tecnologías a otros países.

En el marco de los objetivos planteados en este trabajo, los paradigmas relevantes son el cuarto y, particularmente, el quinto. La cuarta revolución tecnológica tiene lugar a principios del siglo XX, cuando se articulan un conjunto de innovaciones basadas en el motor de combustión interna, los productos sintéticos de origen petroquímico y la producción en masa –a nivel de organización de la producción–.

El quinto, que constituye el paradigma tecno-económico actual, surge de grandes cambios ocurridos a nivel tecnológico y organizacional. El primero es la revolución de las TICs, que se inicia en los Estados Unidos y se difunde al resto del mundo desde los años 70s.

Tabla 1 - Paradigmas tecno - económicos globales. Fuente: Carlota Perez, 2005.

| Revolución tecnológica | Nombre popular de la época de la revolución | País o países-núcleo | Big-bang iniciador | Año |
|------------------------|--|---|--|------|
| Primera | Revolución industrial | Inglaterra | Apertura de la hilandería de algodón de Arkwright en Cromford | 1771 |
| Segunda | Era del vapor y los ferrocarriles | Inglaterra (difundiéndose hacia Europa y EEUU) | Prueba del motor a vapor Rocket para el ferrocarril Liverpool-Manchester | 1829 |
| Tercera | Era del acero, la electricidad y la ingeniería pesada | EEUU y Alemania sobrepasando a Inglaterra | Inauguración de la acería Bessemer de Carnegie en Pittsburgh, Pennsylvania | 1875 |
| Cuarta | Era del petróleo, el automóvil y la producción en masa | EEUU y Alemania (rivalizando al inicio por el liderazgo mundial). Difusión hacia Europa | Salida del primer modelo "T" de la planta Ford en Detroit, Michigan | 1908 |
| Quinta | Era de la informática y las telecomunicaciones | EEUU (difundiéndose hacia Europa y Asia) | Anuncio del microprocesador Intel en Santa Clara, California | 1971 |

Esta revolución continúa en la actualidad con un ritmo de actualización tecnológica muy elevado, que se manifiesta en la reciente irrupción de las nuevas tecnologías digitales y que incluyen desde la robótica hasta la manufactura aditiva (impresión 3D).

El segundo constituye la revolución organizativa, desarrollada en Japón y difundida al resto del mundo desde los 80s (Pérez, 2000). Los cambios en los principios, prácticas y modelos organizativos del nuevo paradigma tecno- económico se reflejan en el avance de la especialización y la segmentación de la producción en diferentes localizaciones. En otras palabras, se tiende a reducir considerablemente el grado de integración vertical a partir de la difusión y generalización de los procesos de *outsourcing* y *offshoring*, dando lugar al surgimiento de cadenas regionales y globales de valor.

En este contexto, las posibilidades de segmentar la producción están asociadas no sólo a la manera en la que se adoptan y difunden las nuevas tecnologías al interior de cada sector, sino también a las características intrínsecas de los procesos productivos de los diferentes sectores¹. En segundo lugar, las capacidades de organización interna de las empresas se ampliaron significativamente, dando lugar a modelos de organización más flexibles que permiten la implementación de métodos como el *just in time*, que reducen los costos asociados a la acumulación de stocks y acotan el margen de error en los procesos de elaboración (CAC,

¹Esta aclaración es relevante para la industria de la construcción donde no es posible disociar el lugar de la producción del proyecto final (obra) de aquel donde se "consume".

2008). A su vez, la flexibilización de los métodos de producción permite a las empresas lograr una mejor adaptación de la oferta a la demanda y responder ante cambios y diversificación de la misma.

2.2. Sistemas y redes de valor

El enfoque de cadenas de valor utilizado desde principios de los 80s (Porter, 1980; 1985) permite realizar un análisis más general para entender las características productivas de los diferentes eslabones que intervienen en la agregación de valor de un producto final. Este enfoque es particularmente relevante en el marco del nuevo paradigma tecno- económico, dado que permite explicar el nuevo modelo organizativo de la mayor parte de los sectores de actividad económica, donde el proceso de producción está altamente fragmentado, en oposición a la integración vertical completa, donde la mayoría de las etapas productivas ocurren al interior de una misma empresa, reduciendo así el número de relaciones de intercambio y centralizando las decisiones de producción.

Por su parte, el enfoque de redes está asociado a una idea sistémica de generación de valor y, en ese sentido, complementa la perspectiva de cadenas de valor. En esta perspectiva, el valor es co- creado por los diferentes actores de la red (Peppard y Rylander, 2006), no sólo a través de relaciones de mercado entre los distintos eslabones, sino también a partir de vínculos que van más allá de la esfera comercial e involucran diferente tipo de objetivos (intercambio de información, desarrollos conjuntos, etc) y distinto grado de formalidad. Desde esta mirada, el aprendizaje de los diferentes actores es sistémico y se desarrolla y acumula a partir de múltiples interacciones entre empresas y entre empresas e instituciones (cámaras empresariales, universidades, centros de investigación, etc.), que permiten complementar conocimientos e incrementar la base de competencias de cada uno de los actores (Lundvall, 1997).

La idea que está detrás de este concepto de sistema o red es que los procesos de aprendizaje de las empresas no sólo dependen de sus esfuerzos aislados, sino de procesos interactivos de carácter más o menos formal.

Como se mencionó antes, el concepto de redes de valor asume mayor importancia en el marco de la fragmentación de los procesos productivos. Así, permite articular un conjunto de acciones que trascienden la compra- venta y que deben desarrollar los diferentes actores de una red para la consecución del producto final.

Esta visión de red² que se adopta en la presente investigación se complementa a su vez con elementos conceptuales provenientes de la organización industrial (Richardson, 1996) que son clave para entender el desempeño de la industria de la construcción en su conjunto. Estos elementos se refieren a diversos aspectos de la estructura del mercado: i) la naturaleza de la demanda; ii) la naturaleza de la oferta (nivel de concentración, cantidad y tamaño de las empresas), iii) la existencia o no de barreras a la entrada/ salida, iv) el marco regulatorio y v) el grado de integración vertical y horizontal (London y Kenley, 2001).

²A pesar de las diferencias reseñadas entre las nociones de cadena y red, y a los fines de simplificar la exposición de ideas, en este trabajo ambos términos serán utilizados en forma análoga.

Desde esta perspectiva, la unidad de análisis no es la empresa individual sino el sistema, que involucra una multiplicidad de agentes y sus interrelaciones. Las partes constitutivas del sistema incluyen los proveedores de materiales, la producción, los servicios de distribución y los clientes, vinculados todos ellos a partir de los flujos de recursos, información y conocimiento. Este enfoque sistémico implica que “el todo es más que la suma de sus partes” y, por lo tanto, los resultados o desempeño deben ser analizados a nivel del sistema y no de sus componentes individuales. Por ejemplo, desde una visión focalizada en las necesidades del cliente, los indicadores apropiados para evaluar su desempeño incluyen la calidad y fiabilidad del producto, los tiempos de entrega, el nivel del servicio y el precio (Naim y Barlow, 2003).

Para el análisis del sector de la construcción, la adopción de este enfoque es clave debido a la multiplicidad de actores que intervienen y a la importancia de las relaciones inter- sectoriales en el desarrollo, adopción y difusión de las innovaciones. Por caso, la innovación de producto deriva esencialmente de una actividad de diseño llevada a cabo por las empresas de arquitectura e ingeniería, cuyos servicios son sub-contratados por los constructores y/o desarrolladores. A su vez, el diseño está fuertemente condicionado por las características físicas de los materiales, por lo que las posibilidades de innovar están acotadas o restringidas por los proveedores.

Así, desde esta visión sistémica, las innovaciones introducidas por uno de sus componentes impactan directamente sobre todos o algunos de los demás. La magnitud de estos impactos depende en gran parte de la capacidad de absorción de los clientes –definida en la sección siguiente– y del nivel de desarrollo de las capacidades dinámicas, entendidas como la habilidad de las empresas de responder a cambios en el entorno (Teece y Pisano, 1994).

2.3. La conceptualización de la innovación y su impacto en la productividad

El desarrollo de ventajas competitivas de las empresas, sectores, regiones y países depende en gran medida de la posibilidad de generar y desarrollar innovaciones. Fue Schumpeter (1934) quien asoció primeramente el desarrollo económico a la aparición y difusión de innovaciones, principalmente tecnológicas, a través de lo que denominó procesos de destrucción creativa³.

Esta noción schumpeteriana sobre “nuevas combinaciones” dio lugar a la clasificación actualmente más difundida sobre innovación, que distingue entre innovaciones de producto y de procesos. Las primeras hacen referencia a la introducción de un producto nuevo o a la mejora significativa de un producto existente. Las segundas apuntan a incrementar la eficiencia de los procesos productivos, generalmente mediante la incorporación de maquinarias y equipos y tienen, por lo general, el objetivo último de reducir los costos unitarios de producción. Las innovaciones que se manifiestan en un producto o proceso nuevo, que antes no existía

³ Schumpeter desarrolla la idea de destrucción creativa en Teoría del Desarrollo Económico (1934), con la cual se refiere al proceso de creación e introducción de “nuevas combinaciones” en el mercado, que producen la destrucción y salida del mercado de las antiguas combinaciones. En término de Schumpeter, las nuevas combinaciones incluyen la generación de nuevos productos, procesos y formas de organización y de acceso al mercado; es decir, a lo que actualmente se entiende por innovación.

en el mercado, se denominan innovaciones radicales. En cambio, cuando se innova mediante la mejora significativa de productos o procesos se hace referencia a innovaciones de carácter incremental o marginal. Ambos tipos de innovaciones -producto y proceso- suelen denominarse innovaciones tecnológicas, en contraposición a aquellas asociadas a cambios en las prácticas de organización, gestión y comercialización –usualmente denominadas innovaciones “blandas” o no tecnológicas-.

La manera a través de la cual este proceso de innovación tiene lugar fue ampliamente estudiada por autores inscriptos en la teoría evolucionista (Nelson y Winter, 1982). Desde este enfoque la innovación es concebida como un fenómeno sistémico que no ocurre exclusivamente dentro de las firmas, sino que depende en gran medida de las interacciones que mantienen con otros agentes del sistema (clientes, proveedores, competidores, consultores, centros tecnológicos, cámaras empresariales, universidades, etc). Tanto las capacidades de las firmas como las vinculaciones que éstas establecen con otras organizaciones impactan sobre las posibilidades de obtener innovaciones y de mejorar el desempeño productivo y económico. Así, la innovación es entendida a partir de la complementación de saberes internos y externos a las firmas.

El acceso a los conocimientos externos depende de los vínculos que las organizaciones establecen entre sí y del desarrollo de capacidades internas. Estas capacidades tienen que ver con los conceptos de capacidad de absorción, definida como la posibilidad de identificar, acceder a y aplicar conocimiento externo (Cohen y Levinthal, 1990), y capacidad organizacional, que se refiere a las habilidades para la codificación del conocimiento tácito a partir de los procesos de gestión de calidad y de las formas de organización del trabajo que operan con respecto a la circulación del conocimiento en el interior de la organización. En este contexto, la innovación es el resultado de una dinámica no lineal en el proceso de aprendizaje, conducida por el reforzamiento mutuo entre las capacidades de las empresas y su conectividad. A su vez, los contextos locales en que las firmas actúan juegan un papel clave para comprender sus conductas innovadoras. Estos incluyen el marco institucional, el contexto de políticas, los procesos de competencia, las relaciones de poder, etc.

Asimismo, Nelson (1981) apunta a las posibles interacciones entre los factores de producción, la I+D y otros insumos. Por ejemplo, los cambios en las habilidades de los trabajadores podrían ser el resultado de los esfuerzos de innovación desincorporados y, a su vez, la incorporación de nueva maquinaria frecuentemente daría lugar a un cambio en la composición del trabajo según su nivel de calificación (Robert et al, 2013).

Diversos enfoques (Griliches, 1992; Acs et al; 1999; Crepon, Duget y Mairesse, 1998; Duguet, 2007; Robert et al, 2013) han explorado a su vez los mecanismos a través de los cuales la introducción de innovaciones genera incrementos en los niveles de productividad. Así, el aumento de la productividad puede provenir: i) de incrementos en la escala asociadas a innovaciones de procesos que disminuyen los costos unitarios de producción; ii) de un uso más eficiente de los recursos productivos existentes derivado de mejoras en las capacidades de las empresas a partir de procesos de aprendizajes construidos a lo largo del tiempo sobre la base del uso y optimización de ciertas tecnologías de proceso, iii) de la fragmentación del proceso productivo y la tercerización de ciertas actividades hacia unidades productivas especializadas, iv) de las ganancias de ventajas competitivas por el aprovechamiento de economías de alcance asociadas a una estrategia de diversificación

basada en la introducción de tecnologías multi-propósitos y flexibles y, v) de la diferenciación de la oferta (que permite a las empresas colocar su oferta en el mercado a precios mayores que la competencia).

2.4. La especificidad de la industria de la construcción.

La mayor parte de la evidencia empírica que intenta explicar los determinantes y características de la innovación se centra en la industria manufacturera y, en los casos en los que los análisis se extienden a otros sectores de actividad, suele utilizarse el mismo enfoque y el mismo conjunto de indicadores⁴. Sin embargo, la literatura ha mostrado que el proceso de innovación en servicios, por ejemplo, es afectado por las características específicas de estos referidas a la inmaterialidad, la continua reconfiguración de la oferta y la simultaneidad entre provisión y consumo (Gallouj y Weinstein, 1997; Djellal y Gallouj, 1999; Coombs y Miles, 2000).

En otras palabras, la oferta de esta industria está altamente customizada y las posibilidades de estandarización son bajas (Gambatese y Hallowell, 2011). Así, desde un enfoque puramente “asimilacionista” que interprete cada nuevo producto como un nuevo proyecto se derivaría que la innovación forma parte de la naturaleza misma de la actividad⁵.

Sin embargo, al asimilar la industria manufacturera a la construcción (caracterizándolo como un sector “low-tech” por contar con bajos niveles de gasto en I+D) se pierden de vista las características intrínsecas de la actividad. Reichstein, Salter y Gann (2005) listan seis especificidades de la industria de la construcción. La primera está asociada a la forma bajo la cual se organiza la actividad, es decir, sobre la base de proyectos. Por lo general, los proyectos de obra consisten en alianzas temporales entre diferentes organizaciones que se conforman para realizar una tarea u alcanzar un objetivo común durante un período específico. Esta naturaleza temporal hace que la transferencia de competencias, habilidades y conocimientos de un proyecto a otro sea dificultosa, dado que los equipos suelen disolverse al final de cada proyecto. Cada nuevo proyecto difiere del anterior y ciertas actividades técnicas son específicas a cada proyecto y difíciles de transferir.

En segundo lugar, la construcción implica un alto nivel de la producción *in situ* derivada de la inmovilidad del producto; es decir, de la imposibilidad de disociar producción y consumo (uso del edificio).

El tercer factor está asociado a la incertidumbre sobre la demanda. La demanda generalmente depende de decisiones de inversión en capital fijo que involucran varias partes, creando un mayor grado de complejidad en el mercado que no es posible encontrar en otros sectores. Esto limita la influencia de las empresas de construcción sobre sus propios mercados futuros. En los proyectos de obra los clientes usualmente tienen un rol clave en la determinación de los procesos de diseño y de producción del producto final. Muchos proyectos están asociados a la creación de productos a medida focalizados en satisfacer requerimientos específicos de los clientes bajo las exigencias de las circunstancias locales. Este patrón de desarrollo de nuevo productos

⁴ Esto es así, principalmente, porque la información con la que se cuenta es la misma para todos los sectores. En los casos en los que las encuestas tecnológicas se aplican a sectores no manufactureros, como por ejemplo la CIS (Community Innovation Survey) de la Unión Europea, se utiliza el mismo cuestionario para todos los relevamientos.

⁵ Problemas similares surgen cuando se analiza la innovación en otros sectores no manufactureros. Por ejemplo, en la industria del software, en especial en aquellas empresas dedicadas a realizar desarrollos a medida.

crea desafíos para la producción aguas abajo y los procesos de ingeniería que no están tan presentes en otros sectores donde las posibilidades de estandarización son mayores.

El cuarto factor tiene que ver con la estructura de competencia. La construcción residencial tiene una estructura industrial muy dominada por firmas pequeñas con ausencia o baja presencia de un equipo de profesionales fijo, lo que refleja la existencia de bajas barreras a la entrada y reducidas economías de escala. La mayor parte de la competencia tiene lugar a nivel local y existe un número relativamente pequeño de grandes empresas que cuentan con una amplia gama de pequeños subcontratistas.

El quinto factor está asociado a la naturaleza de la cadena de la construcción en términos de su organización y coordinación. La construcción involucra organizaciones responsables de la producción *on site*, el ensamblaje, la instalación de sistemas, un amplio conjunto de proveedores y los usuarios. En la actualidad, el desarrollador (cuando está separado de la figura del constructor) es el responsable de coordinar e integrar estos diferentes componentes del sistema.

El sexto factor se refiere a la separación de las actividades de diseño, producción y mantenimiento. En un proyecto determinado participan diversas empresas dedicadas a cada una de estas actividades y esto requiere la necesidad de iniciar un proceso de aprendizaje a partir del trabajo conjunto y la determinación de prácticas y procedimientos comunes. En ese sentido, es difícil asegurar la existencia de altos niveles de retroalimentación positiva entre las distintas etapas del proceso.

En esa dirección, la capacidad innovadora de esta industria depende de una efectiva gestión inter-organizacional, lo que pone de manifiesto la importancia del desarrollo de innovaciones de tipo organizacional a nivel tanto de las empresas individuales como de la industria en su conjunto. Una multiplicidad de actores colabora en cada proyecto de obra para alcanzar un objetivo común. Así, la introducción exitosa de innovaciones depende de un proceso de co-producción que combina recursos, conocimientos, capacidades técnicas y competencias de diferentes agentes (Gambatese y Hallowell, 2011).

Por otro lado, en la industria de la construcción son también relevantes otro tipo de innovaciones. Estas son, en términos de Ruddock y Ruddock (2009), las "innovaciones ocultas" (*hidden innovations*). Los incrementos en la eficiencia del proceso productivo de la cadena de la construcción muchas veces provienen de inversiones en activos intangibles asociadas a los servicios de diseño y arquitectura, la gestión del capital humano, inversiones en capital organizacional, mejoras en las habilidades y competencias de los trabajadores, entre las más relevantes (Ruddock y Ruddock, 2009)⁶.

⁶ En esta línea, Marrano et al (2007) considera tres activos intangibles clave para explicar la productividad del Reino Unido: tecnologías de la información (software), esfuerzos de innovación en I+D científica y no científica y competencias de las firmas (gastos de las empresas en capitales intangibles asociados a la reputación, los recursos humanos y la estructura organizacional). Los resultados muestran que los gastos en I+D explican una fracción muy reducida del aumento del PBI, mientras que las inversiones en los demás activos intangibles considerados explican en gran parte hacia dónde se orientan los esfuerzos de innovación y muestran una relación positiva con las ganancias de productividad de la economía británica.

3. La cadena de la construcción residencial argentina: estructura organizacional y difusión de tecnologías.

Teniendo en cuenta el objetivo planteado en la introducción, en este capítulo se propone caracterizar la cadena de la construcción residencial en la Argentina en dos grandes etapas: el período del viejo paradigma –centrado en la petroquímica y los bienes de capital- y el período que se inicia en los años 70s, que da origen al nuevo paradigma tecno-económico –centrado en la microelectrónica y las TICs-.

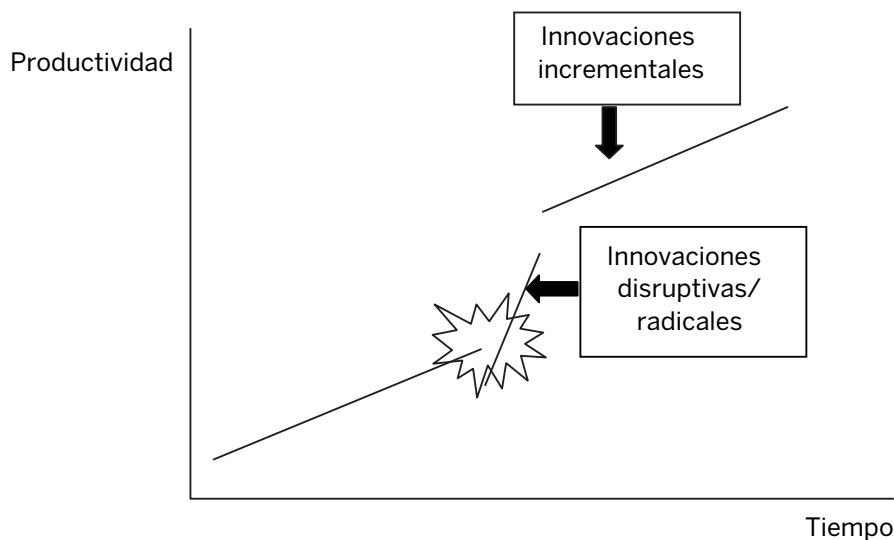
En este contexto, las preguntas que guían este capítulo son las siguientes: ¿Cuáles son las tecnologías predominantes en cada etapa? ¿Cuál fue el impacto de esas tecnologías sobre la productividad de las empresas y eslabones que las adoptaron? ¿Cómo afectaron a los demás componentes de la cadena? ¿Qué eslabones fueron los que se apropiaron de los beneficios de introducir estas tecnologías en términos de las ganancias de productividad obtenidas?

Las respuestas a estas preguntas permitirán confirmar o refutar la hipótesis central de este trabajo basada en la idea de que, bajo el nuevo paradigma, la introducción de las nuevas tecnologías se dio particularmente en los eslabones de diseño, desarrollo y administración y gestión de la cadena de la construcción; impactando positivamente sobre la productividad de las empresas que operan en esas etapas. Esto significa que la percepción generalizada entre empresarios y referentes del sector sobre la ausencia de cambios en la productividad de la construcción se corrobora en la etapa de la obra, donde las capacidades físicas o motrices son importantes dado que esta actividad continúa siendo muy intensiva en mano de obra. Sin embargo, no se corrobora en otras etapas del proceso donde la competitividad está basada en el desarrollo de capacidades cognitivas, que son las potenciadas por las nuevas tecnologías, en contraposición al paradigma anterior más centrado en las capacidades motrices. Por este motivo, la premisa planteada requiere que el análisis de las nuevas tecnologías sea realizado desde una visión de cadena, como fue expuesto en el marco teórico, que incluya todas las etapas del desarrollo de un proyecto de construcción, desde la concepción de la idea hasta su finalización.

En general, el análisis se centra en el estudio de las innovaciones rupturistas o radicales, más que en las incrementales. Las primeras producen saltos discretos en la productividad, mientras que las segundas son mejoras que se producen sobre las tecnologías radicales, que provocan también incrementos en la productividad pero de manera menos pronunciada (Ver Figura 1). En este contexto, el impacto de las nuevas tecnologías es analizado en comparación a la etapa previa a la aparición de la tecnología y no se consideran

las ganancias marginales de productividad derivadas de las mejoras continuas introducidas sobre la misma tecnología una vez incorporada.

Figura 1 - Impacto de las innovaciones radicales e incrementales sobre el nivel de productividad.



La investigación se llevó a cabo sobre la base de la búsqueda y análisis bibliográfico y de la realización de entrevistas semi-estructuradas a empresarios y referentes clave del sector. En particular, el proceso de entrevistas incluyó empresas de los diferentes eslabones de la cadena de la construcción residencial. Se trata de empresas de gran tamaño relativo y amplia presencia en el mercado, que son en las que, *a priori*, podía esperarse una mayor difusión de las tecnologías del nuevo paradigma.

La primera sección se refiere al viejo paradigma y la segunda al paradigma actual. Tal como fue destacado en el marco teórico, en cada paradigma tecno-económico de conjugan dos tipos de revoluciones: la organizacional y la tecnológica. Siguiendo este esquema, en cada sección se describe, en primer lugar, la forma organizacional imperante en la industria de la construcción y, en segundo lugar, las tecnologías nodales. En este caso, se busca identificar las funciones y procesos de la industria más afectados por el núcleo duro de tecnologías que caracteriza cada etapa y describir los mecanismos a través de los cuales se producen impactos en la productividad.

3.1. La era del petróleo y la producción en masa: 1910 - 1970

3.1.1. La revolución organizativa

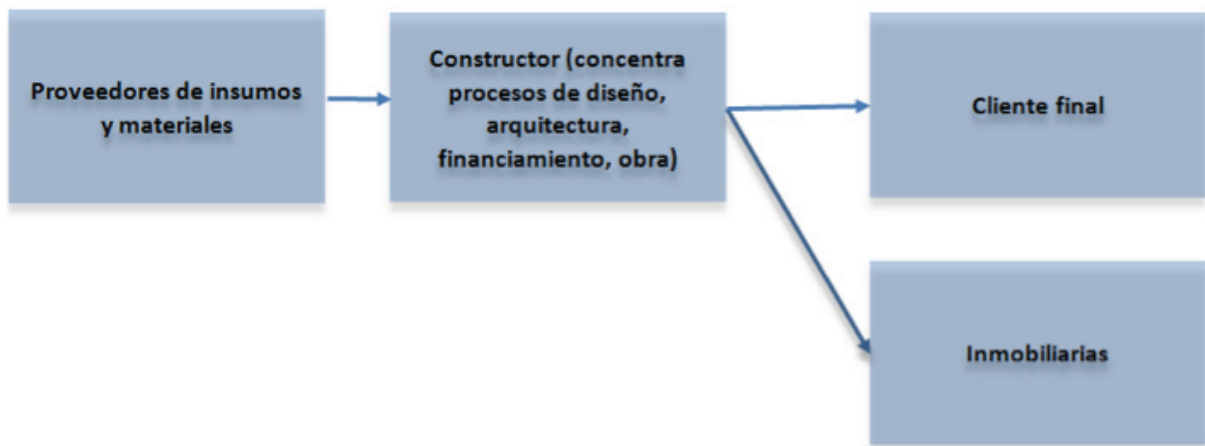
El cambio organizacional que lideró esta etapa paradigmática se basó en la producción en masa, tal como fue señalado en el marco teórico. En particular, en la industria de la construcción, la producción en masa se difunde significativamente en los eslabones de proveedores, más que en la etapa de obra, donde la peculiaridad de la construcción basada en la organización por proyectos dificulta la apropiación de ganancias sobre la base de economías de escala. Esto se pone de manifiesto en un proceso de *"offsitización"*, con-

sistente en la industrialización de algunas etapas. Es decir, en términos de la organización de la actividad, se reemplaza parte de la producción “artesanal” que tenía lugar en la obra por producción en masa que se realiza en las fábricas. La reducción de personal en obra que provoca este proceso se traduce entonces en ganancias de productividad. Aunque en menor medida, la etapa de diseño también refleja el paradigma de la producción en masa, a través de la construcción de complejos de edificios similares que comparten terreno y características arquitectónicas.

En este período, la industria tenía una elevada integración vertical. Las empresas constructoras contaban con maquinarias propias y, en muchos casos, también con personal de ingeniería y arquitectura interno, así como un *staff* de calculistas propios. El constructor resolvía gran parte de las decisiones del proceso en su conjunto y era el encargado de la coordinación de toda la cadena.

En términos de la organización de la cadena es importante destacar un factor local que produjo grandes cambios, independientemente de las dimensiones tecnológicas. Se trata de la ley de propiedad horizontal que se crea en la Argentina en 1948. Con anterioridad a la ley, un único cliente contrataba una empresa constructora que, eventualmente, contrataba a su vez un diseñador. Después de la ley surgen los consorcios: los recursos financieros eran aportados por un conjunto de personas con anterioridad a la construcción. De todas maneras, esta nueva figura siguió conviviendo con la forma anterior basada en la construcción y posterior venta.

Figura 2 La cadena de la construcción residencial en bajo el paradigma del petróleo y la producción en masa.



Fuente: Elaboración propia

3.1.2. La revolución tecnológica

En la industria de la construcción argentina el cambio tecnológico se gesta, en primer lugar, en el desarrollo de los sistemas básicos -proceso que culmina hacia los años cuarenta- y, en segundo lugar, en los eslabones proveedores de materiales y equipos pertenecientes a la industria manufacturera (Vitelli, 1978).

Siguiendo a Vitelli, *“hacia mediados de la década del 40 comenzaron a emplearse en forma masiva una serie de productos químicos y plásticos que mejoraron sensiblemente las aislaciones térmicas y acústicas, el fragüe y la compactación del hormigón y la rugosidad de los pavimentos”*. El salto discreto en la construcción se produjo fundamentalmente a partir del avance global en la industria química y plástica, que permitió el empleo de nuevas combinaciones de insumos para la construcción de edificios y del desarrollo de productos específicos para la industria.

En la Tabla 2 se listan las principales innovaciones que afectaron la industria de la construcción edilicia en el período 1900- 1970. La lectura de esta información pone de manifiesto que la mayoría de estas innovaciones fueron desarrolladas en el exterior y luego adaptadas a las condiciones locales (Vitelli, 1978). Esta no es sólo una característica de la industria de la construcción, sino de la dinámica innovadora de gran parte de los países en desarrollo, en los que el cambio tecnológico ocurre a partir de la difusión, adopción e imitación de innovaciones radicales introducidas por los países de mayor desarrollo relativo.

Todas estas innovaciones –estimadas a partir del indicador de patentes- tuvieron lugar en los eslabones de la cadena que operan en la industria manufacturera. Estos cambios producidos en los materiales no produjeron alteraciones en los niveles mínimos de equipamiento ni en el tipo de organización empresarial. Esto explica el mantenimiento de técnicas tradicionales, que no desplazaron mano de obra ya que sólo cambió *“el tipo de producto que debe ser ensamblado”*. Este tipo de cambio tecnológico difiere del ocurrido en las ramas manufactureras donde el cambio cuestionó, en la práctica, la existencia de las firmas pequeñas, desplazando hacia arriba los niveles mínimos de equipamiento y alterando, por ende, la relación capital-trabajo. De acuerdo al autor, esto no implica que en la construcción edilicia no hayan existido tecnologías ahorradoras de mano de obra. Fueron varias las firmas que intentaron incorporar tecnologías intensivas en capital (las llamadas fábricas de vivienda), pero en la práctica fracasaron poco después de su instalación. Vitelli menciona uno de los ejemplos más significativos: el fracaso de los sistemas franceses. Coignet, que se introdujo en 1964 por la firma local Vialsa y que implicó una inversión cercana a los 4 millones de dólares, y Outnord, un sistema de prefabricación abierto.

Tabla 2 Principales innovaciones en materiales y bienes de capital de la industria de la construcción. 1900 - 1970.

| Innovación | Año de su descubrimiento a nivel mundial y primer lanzamiento comercial | Inventor | Año de incorporación al mercado argentino | Forma y agente de incorporación en el mercado local |
|------------------------------|--|--|--|---|
| Hormigón armado | 1867. Primer desarrollo y aplicación. La primera aplicación en grandes construcciones se realiza en 1925 en Estados Unidos 1928. Lanzamiento de la idea | J Monier, Francia | 1900 (primeras patentes argentinas) 1920- 1925. Se registraron las patentes Monier. | Patentes Monier fueron incorporadas por la firma alemana Weyss y Freitag, que obtuvo los derechos de explotación en varios países. |
| Hormigón pretensado | A partir de 1930 se inicia su empleo en proyectos impulsados por E. Freyssinet en Bélgica y Firsterwalder en Alemania. | E. Freyssinet, Francia | En 1919 se realizan las primeras experimentaciones y en 1952 se inicia su empleo en la construcción de edificios, mientras que en 1959 se realizó su primer empleo en la construcción de puentes | Instituto del Cemento Portland Argentino (organismo dependiente de los fabricantes de cemento) |
| Aceros de alta resistencia | 1925- 1935 1940- 1945 (ensayos) | Austria (desarrollo de aceros Isteg, Sigma y Torstahl) | s/d | Aceros Sima SA, Santa Rosa SA |
| Planta de hormigón elaborado | 1916 (primer lanzamiento comercial) | EEUU, Baltimore | 1940- 1942 primer empleo comercial (fracasa). 1962 segundo lanzamiento comercial (con éxito) | Fue incorporado por una firma argentina LIPSA (fracasó). El segundo lanzamiento comercial lo realizó Hormigonera Argentina, propiedad de Lone Star Co. de Estados Unidos. |
| Motoniveladoras | 1919 | Russel Co., EEUU (en 1928 fue adquirida por Caterpillar Tractor Co.) | 1968- 1969 primeras fabricaciones en gran escala. Primeros empleos en la década del 20 | Con asistencia técnica externa |
| Pala mecánica frontal | 1937 | Trackson Co., EEUU | 1968- 1969 primeras fabricaciones en gran escala. Primeros empleos en la década del 40. | Fabricada con asistencia técnica externa. |

| | | | | |
|------------------------|------------|---|-------------|-------------------------------|
| Poliestireno expandido | 1942- 1947 | En 1942 fue lanzado al mercado por parte de I.G. Farben, de Alemania, y en 1947 por Dow Chemical, de Estados Unidos | 1959 – 1962 | Firmas externas bajo licencia |
| Epoxi | 1947- 1950 | Lanzado al mercado por parte de Devoe and Reynolds, de Estados Unidos, y CIBA, de Suiza. | 1955 | Firmas externas bajo licencia |

| Producto | Año de incorporación | Empresa (s) u organismo (s) que lo incorpora (n) y origen de sus capitales | Forma de incorporación | Observaciones |
|---|-----------------------------|--|---|---|
| Agregados lineales artificiales (arcilla expandida) | 1966 | - Arcillex – Leca Tentor, SA (Dinamarca) | Radicación directa de capitales y licenciamiento de tecnología a su casa matriz | - Tiende a la sustitución del canto rodado. - Mejora la aislación térmica y acústica - Reduce el peso de los hormigones |
| Asbesto cemento | 1935 – 1937 | - Eternit SA (Bélgica) - Monofort SA (Francia) - Monolit (propiedad de Tamet – Francia y que fue absorbida por Monofort) | Radicación directa de capitales y licenciamiento tecnológico con sus casas matrices | |
| Aditivos para hormigón | 1946 - 1952 | - Sika SA (Suiza) - Drogaco SA (Argentina) - Indhor (Argentina) | Sika licencia la totalidad de sus ventas con su casa matriz, mientras que Drogaco empleó normas norteamericanas | Incluye: aceleradores y retardadores de fragüe, incorporadores de aceite, etc. |

| | | | | |
|---------------------------------------|-------------|--|--|---|
| Aislantes plásticos | s/d | - Dow Chemical (EEUU) | Radicación directa de capitales | |
| Aluminio para cerramientos | s/d | - Kaiser Aluminio (EEUU) - Alean (EEUU y Canadá) - Camea (EEUU y Canadá) | Radicación directa de capitales | |
| Artículos de PVC (caños, chapas, etc) | 1950- 1955 | - Dunlop (Inglaterra) - Fademac (Francia) - John Manville Co. (EEUU) - DPH SA (Argentina) | Radicaciones directas de capital y licenciamiento de tecnología externa: Fademac y John Manville con sus casas matrices y Dunlp con terceros a través de su casa matriz | |
| Fibra de vidrio | 1962- 1967 | - VASA (Inglaterra – Francia) - Termac SA (Argentina) | Radicación directa de capital y licenciamiento tecnológico | Entre otros, se emplea en la fabricación de chapas plásticas reforzadas y como aislante térmico. Existen patentes sobre su empleo en el hormigón armado, sustituyendo al hierro redondo |
| Fundaciones de cemento | 1955 | Rodio (Suiza) | Radicación directa de capital y licenciamiento tecnológico con su casa matriz | |
| Pilotes | 1935 | - Pilotes Franki (Bélgica) - Vibrex Sudamericana (Inglaterra) | Radicación directa de capital y licenciamiento tecnológico externo. Vibrex empleó la patente inglesa de A. Hiley, mientras que Franki tomó una licencia de su casa matriz. | |
| Losas cerámicas | 1947 - 1950 | - Lateramérica SRL - Aedesnova Argentina SRL (Argentina – Italia) - Ladrillos Olavarría SA (losa) (Italia) | Lateramérica realizó su fabricación mediante asistencia técnica externa de una firma italiana no vinculada. | |

| | | | | |
|--|------|--|---|---|
| Encofrado deslizante | 1954 | - Concretos - Prometo (Suecia) | Licenciamiento tecnológico de su casa matriz | |
| Hormigón celular | 1956 | - Siporex Argentina SRL (Suecia) - SIHL SA (Argentina) | Siporex licenció los procesos con su casa matriz | |
| Cemento entrefugado | 1949 | - SCAC, Sociedad de Cementos Armados Centrifugados SA (Italia) | Radicación directa y licenciamiento tecnológico con su casa matriz (en la primera etapa de fabricación) | |
| Estructura de hormigón armado para edificios de varios pisos | 1948 | - Dirección Municipal de Vivienda (organismo estatal) | Se empleó el sistema Gaburri experimentado en Italia en 1942 (patentado) | |
| Vidrio templado | | - Vidriería Argentina SA (VASA) (Inglaterra – Francia) | Radicación directa de capitales y licenciamiento tecnológico con casa matriz | Existen en el país varias templadoras (Santa Lucía Cristal SA y Cristales California, entre otros) que emplean básicamente el material que fabrica VASA. Santa Lucía Cristal, propiedad del grupo Pilkington ha licenciado con su casa matriz la totalidad de sus ventas. |
| Encofrados metálicos | 1950 | - Acrow (Inglaterra) | Radicación directa de capital. Durante la primera etapa de su fabricación Acrow licenció asistencia técnica con su casa matriz. | |

Fuente: Vitelli, 1978.

Siguiendo a Vitelli, la baja o nula incorporación de bienes de capital a la construcción en Argentina está explicada por características locales de la industria en esa etapa.

En primer lugar, *“la construcción edilicia tendió a realizarse dentro del marco de lotes de reducido tamaño y en especial entre medianeras. Naturalmente, la posibilidad física de incorporar equipos complejos se veía notoriamente reducida y las tecnologías tradicionales de ensamblaje se adecuaron en mayor medida a la realización de un producto singular. No es extraño entonces que la estructura de oferta en la construcción edilicia haya mantenido altos niveles de atomización, con*

una participación de capital externo prácticamente marginal y una relación producto- empleo relativamente constante en el tiempo". En contraposición a la experiencia local, en países europeos como Alemania, Dinamarca y Países Bajos, hacia mediados de los sesenta se introdujo en forma exitosa la industrialización en la construcción edilicia. Esto se reflejó, por un lado, en el aumento del tamaño medio de las firmas y, por tanto, del proceso de concentración y, por otro lado, en el incremento significativo de la productividad de la mano de obra.

En segundo lugar, se explica por el mantenimiento de un bajo costo laboral. En el período 1956- 1973 los salarios del sector de construcción en la Argentina se mantuvieron en niveles constantes, mientras que en los demás sectores de actividad se incrementaron. Bajo costo relativo que se reforzaba en el marco de un esquema signado por la protección arancelaria, que encarecía la importación de equipos.

Lo anterior se pone de manifiesto en términos cuantitativos en la evolución de la productividad del sector (Ver Tabla 3). Contrario a lo que uno esperaría bajo este paradigma donde la incorporación de bienes de capital produjo importantes incrementos en la productividad de la mayoría de los sectores económicos, la productividad laboral en la construcción muestra una tendencia descendente en el período 1950 – 1980⁷. En gran parte, esto se explica por el rezago en la incorporación de bienes de capital en la construcción en Argentina. Debido a factores principalmente macroeconómicos, la introducción de bienes de capital en nuestro país se produce con más fuerza durante los 90s, bajo un esquema de precios relativos favorable a las importaciones.

Tabla 3 Productividad laboral en la industria de la construcción de Argentina, 1950 – 1980.

| Productividad media laboral | | | |
|--|---------------|------------------------------|----------------------------------|
| Industria de la Construcción Argentina | | | |
| 1950 – 1980 | | | |
| Año | PBI Const (*) | Personas ocupadas (en miles) | Productividad laboral media (**) |
| 1950 | 318.3 | 316.7 | 1.00 |
| 1960 | 355.6 | 388.1 | 0.92 |
| 1970 | 648.6 | 694.3 | 0.93 |
| 1980 | 841.3 | 1065.9 | 0.79 |

(*) A precios de mercado en miles de pesos de 1986. Es posible que las estimaciones del PBI entre 1950 y 1970 estén levemente subestimadas por el cálculo de ajuste entre el costo de factores el precio de mercado.

(**) La productividad laboral está medida como relación entre PBI y personal ocupado.

Fuente: Panaia, Algunas reflexiones sobre el proceso de trabajo y los logros de productividad en los sectores no fordistas de las economías.

⁷Si bien a nivel global este paradigma tecno- económico culmina en 1970, en la mayor parte de los sectores económicos de la Argentina continuó vigente incluso en los 80s. En esta década comienzan recién a incorporarse las TICs a nivel local. Por este motivo se incluye la década de los 80s en la Tabla y en el análisis en general.

La tabla anterior refleja únicamente la productividad en obra⁸. Sin embargo, como se resaltó anteriormente, las principales innovaciones en la construcción tuvieron lugar en el segmento de proveedores de materiales, donde se conjuga la irrupción de la petroquímica con la producción en masa. Si bien no contamos con información sobre la productividad, es de esperar que estos eslabones fueran los que recibieran el impacto positivo más fuerte como producto de la incorporación de las nuevas tecnologías.

3.2. La era de las TICs y la producción flexible: 1970 - actualidad.

3.2.1. La revolución organizativa

En el marco del nuevo paradigma tecno- económico tiene lugar un fuerte proceso de fragmentación –que comienza en los años 80s y se consolida en los 90s- basado en la desintegración vertical y la división de funciones y actividades entre un número cada vez mayor de actores.

En la industria de la construcción, la flexibilización de la producción se inicia a partir de la tercerización de las actividades relacionadas con las instalaciones (actividades de ingeniería, electricidad, sanitarios, etc.) y el alquiler de máquinas y equipos⁹. Las causas de este proceso se encuentran en diversos factores¹⁰. En primer lugar, el cambio de las condiciones macroeconómicas incentivaba la disminución de los costos “hundidos”. El creciente costo y la mayor volatilidad financiera y de actividad, sumados a la presión sobre los márgenes de ganancias, derivada del mayor costo salarial (fenómenos que en Argentina se expresaron principalmente a partir de la segunda mitad de la década del ’70 y durante la década del ’90), castigaban la inmovilización ineficiente de capital y el sostenimiento de los “tiempos muertos” de las grandes estructuras laborales. En este contexto, la posibilidad de trasladar costos a terceros y de adaptar los requerimientos a la evolución de la actividad redujo los riesgos de las empresas constructoras, que pudieron así “aliviar” su estructura y reducir los gastos fijos.

En segundo lugar, la tercerización resulta de la complejización del proceso constructivo, que indujo a la búsqueda de capacidades ausentes en las estructuras internas de los constructores, y que pasaron a ser encontradas en empresas especializadas en ciertos tipos de trabajo. En particular, en los edificios para vivienda este proceso de complejización, que se inicia en los 80s pero se plasma con más fuerza en los 90s, se refleja en: i) los requerimientos de cocheras, ii) la difusión de los electrodomésticos (que eleva la necesidad de una mayor cantidad de tomacorrientes en los departamentos), iii) la difusión de la televisión por cable y de internet (que requiere realizar las canalizaciones necesarias para cablear), iv) las exigencias de mayores sistemas de seguridad a través de cámaras y de sistemas de control de acceso, v) las demandas de amenities (pileta,

⁸Los cambios más significativos en el diseño y construcción de edificios parecen haber tenido lugar entre finales del siglo XIX y principios del XX, cuando la energía eléctrica reemplaza al agua y el vapor en las fábricas (Gann, 2000).

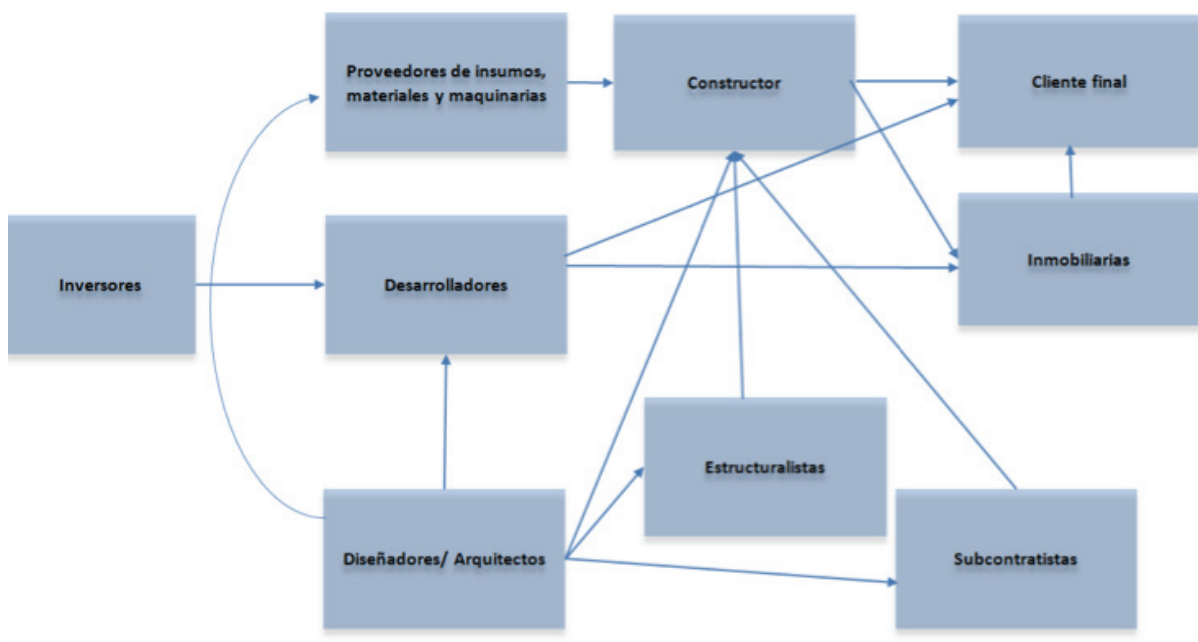
⁹En la Argentina las empresas tercerizan alrededor del 40% del valor del presupuesto de la obra y las actividades tercerizadas por las empresas constructoras son las de mayor complejidad o las que requieren de maquinaria especial. Entre ellas, se destacan las siguientes actividades: movimiento de suelos, instalaciones eléctricas domiciliarias, instalaciones sanitarias, fabricación y/o colocación de cerramientos (IDITS, 2006).

¹⁰El fenómeno de la subcontratación y sus causas son globales y fueron destacados en varios estudios sobre la industria (Harris y McCaffer, 2001; Goldfayl, 1999; Maqsood, Walker y Finegan, 2003).

sum, gimnasios, etc.). Proceso que, a su vez, se encuadra en un fenómeno más global (que excede a la industria de la construcción) de diferenciación de la demanda, que se expresa en la importancia de agregar calidad y diferenciar productos como estrategia de competitividad dinámica.

Así, con la subcontratación aumenta la flexibilidad. Las empresas constructoras se limitan a mantener un número bajo de trabajadores en puestos claves y el negocio se monta y desmonta a gran velocidad de acuerdo a las características de cada proyecto (Panaia, 1995). La figura siguiente ilustra la complejización de la industria en términos del aumento del número de actores y de los flujos de información y comunicación.

Figura 3 La cadena de la construcción residencial en bajo el paradigma de las TICs y la producción flexible.



Fuente: Elaboración propia.

Es en este contexto que emerge la figura del gerenciador o desarrollador, que pasa a encargarse de la gestión general de los proyectos y tiene un perfil empresario con conocimientos en la gestión financiera, la administración y aspectos específicos de la industria. La emergencia del desarrollador es un fenómeno global -si bien se da en diferentes momentos en cada país-, que responde a factores más o menos similares. Estos factores son la profesionalización de la actividad como consecuencia del proceso de complejización antes mencionado y la necesidad de coordinar cada vez más actividades.

En particular, en la Argentina este fenómeno se potencia por los cambios producidos en el mercado financiero. Durante la etapa sustitutiva de importaciones el Estado era el gran financista de las obras de construcción y la industria estaba signada por el crédito público. En los 90s este rol del Estado se reduce, el mercado se vuelve más competitivo y se hace evidente la necesidad de una figura que asuma el riesgo y desarrolle el proyecto para presentarlo luego a los bancos para su financiación. Figura del desarrollador que luego, con la caótica salida de la convertibilidad y el consiguiente proceso de “desbancarización” del excedente, asume

aún mayor protagonismo, intermediando en la demanda en un doble sentido: simbólico (en términos de la definición del producto a desarrollar) y financiero (canalizando excedentes por diversas vías).

Ante este escenario, en un primer momento la industria respondió a través de los canales tradicionales de comunicación, intensivos en tiempo y trabajo, que resultaban en elevados costos y grandes ineficiencias (Forcada, 2005). Desarrolladores, arquitectos, estructuralistas, contratistas generales, subcontratistas, proveedores de materiales, gobierno, organismos reguladores, se comunicaban de manera tradicional usando métodos como fax y encuentros cara a cara para intercambiar ideas, compartir el estado de progreso del proyecto, cronogramas de trabajo, hacer requerimientos de compras, etc. Forcada (2005) ilustra la "situación caótica" que representaba la comunicación en esta etapa: el requerimiento de información era escrito a mano por el subcontratista, que luego lo enviaba por fax al contratista general que lo revisaba y mandaba vía fax al arquitecto. El arquitecto, luego de su revisión, faxeaba el requerimiento al subcontratista correspondiente (eléctrico, estructural, mecánico, etc) para su revisión y, eventualmente, lo enviaba a otro sub- subcontratista (iluminación, acústica) para insumo. Luego volvía el documento nuevamente al subcontratista y finalmente al arquitecto. El arquitecto lo mandaba nuevamente al contratista general que lo derivaba a su vez al dueño/ desarrollador.

En este marco, la tarea de coordinar de manera eficiente un gran número de subcontratistas se convierte en una dimensión fundamental para el desarrollo del proyecto. La adopción de medios de comunicación e interacción eficientes, así como de herramientas que permitan gestionar la información se vuelve crítica. Es aquí donde la difusión de las TICs aparece traccionada por la demanda para contribuir, por un lado, al proceso de coordinación de la multiplicidad de actores involucrados, que requiere procesar y administrar correctamente el volumen de información generado en el proyecto de construcción. Por otro lado, dado que con las nuevas tecnologías los procesos de comunicación se agilizan y la obtención de información se facilita, las TICs contribuyen a precisar la información que requieren las distintas etapas de la cadena.

Nuevamente, dado que en la construcción las diferentes etapas del proceso están fuertemente interrelacionadas, resulta clave que el flujo de información entre las partes intervinientes sea claro, fluido, ágil y preciso. Love et al (1999) afirman que *"el éxito o el fracaso de la ejecución de un proyecto de construcción depende del entendimiento de la información necesaria y los requerimientos de las distintas partes"*. Así, cuando la información es incompleta, inconsistente, no está claramente definida y/o no está disponible en el momento en que se la necesita, se generan serios problemas de ineficiencia que recaen frecuentemente sobre la etapa de obra (Latham, 1994; Howell y Ballard, 1994; Bresnen, 1996).

A su vez, el avance de las TICs hace posible la "empresa virtual" (Folino, 1993; Panaia, 1995). La nueva forma organizativa plantea una relativa descentralización pero, a su vez, exige coordinar tareas diferentes y dispersas geográficamente. De esta manera, la revolución tecnológica (TICs) y la revolución organizativa (flexibilización y fragmentación productiva) se conjugan y retroalimentan para mejorar la eficiencia en la implementación de ambos procesos.

3.2.2. La revolución tecnológica

La presente sección busca identificar qué tecnologías fueron incorporadas por los diferentes actores de la industria de la construcción en los últimos 15 años, en qué funciones se utilizan, y qué impactos tienen sobre el desempeño de las empresas y de la cadena en su conjunto.

Diversos trabajos mencionan ciertos obstáculos que enfrenta la industria de la construcción para la incorporación de TICs. Entre ellos, se mencionan las estrategias de negocios basadas en la característica única de los proyectos y la fragmentación del proceso que involucra diferentes participantes con intereses diversos; así como el bajo conocimiento y falta de práctica sobre la evaluación de los beneficios de invertir en TICs para la construcción (Stewart y Mohamed 2003; Love, Irani y Edwards, 2005; Molnár, Andersson y Ekholm, 2007). Estos factores constituyen barreras para la difusión de TICs a nivel global, que también fueron identificados a lo largo del proceso de entrevistas realizado.

No obstante, los resultados de la investigación muestran una amplia gama de tecnologías difundidas en diferentes etapas del proceso de construcción. A continuación se listan y describen brevemente las principales tecnologías incorporadas, que fueron identificadas por los diferentes actores a lo largo del proceso de entrevistas.

Tecnologías de la comunicación:

1. Smart phones

2. Internet. Al igual que en todos los sectores económicos, e incluso en la vida cotidiana de la sociedad en general, internet es una de las herramientas más eficaces para facilitar la comunicación. En particular, en la industria de construcción, internet facilita el entorno de trabajo colaborativo en el marco de un proyecto en particular. Es utilizada como un medio de comunicación que permite que la transferencia de información ocurra de manera más rápida y eficaz. A su vez, internet posibilita el acceso a un volumen de información muchísimo mayor del que se disponía en la etapa previa y, en este sentido, aporta herramientas para la toma de decisiones.

3. E-mail.

4. Web.

5. Google maps. Es un servidor de aplicaciones de mapas en la web de Google, creado en 2005. Ofrece imágenes de mapas desplazables, fotografías por satélite y rutas entre diferentes ubicaciones. También existe una variante a nivel de entorno de escritorio llamada **Google Earth**. Ambos son gratuitos.

6. Portales de operaciones inmobiliarias (Zonaprop/ Argenprop/ solodueños). El sitio Zonaprop fue creado en 2006 por Interactivos y Digitales SA (actualmente Dridco, luego de la fusión con Deremate.com en 2008).

Tecnologías de la información

1. **Mapas digitales de catastro.** Su principal ventaja es la cantidad de información que contienen. Aportan información sobre: ubicación de los terrenos, diferentes tipos de medidas, datos de los propietarios, número de Matrícula u otra forma en la que su Título de Propiedad está asentado en el correspondiente registro provincial, valuación fiscal para el cálculo de impuestos o tasas de retribución de servicios, afectaciones que pueden restringir el derecho de propiedad como previsión de ensanche de calles, rutas, aeropuertos, etc.; número para el pago de impuestos y de tasas por retribución de servicios; problemas de “doble dominio” en aquellos casos en que por diferentes actos posesorios o dominiales hay más de un dueño o un grupo de dueños que -en algún momento- se inscribieron en títulos de propiedad; invasiones desde o hacia algún inmueble lindero, corrimientos, diferencias en más o en menos, sobrantes.
2. **CAD.** La funcionalidad básica del CAD es permitir al usuario construir dibujos a partir de la manipulación de líneas, círculos, rectángulos y textos de manera interactiva con la pantalla. La ventaja clara del CAD es que permite editar (borrar, mover, copiar, rotar, etc.) y guardar diferentes versiones del dibujo, en distintas etapas, para su posterior reutilización.
3. **Sistemas de animación y visualización.** Permiten que el cliente vea la apariencia final de la construcción en la etapa de diseño. La realidad virtual permite además al usuario interactuar con el modelo de diseño y experimentar la construcción en una realidad simulada (Forcada, 2005).
4. **ERP (*Enterprise Resource Planning*).** Es un sistema de gestión integral que permite a las empresas centralizar los procesos y captura de información de áreas como finanzas, ventas, compras, distribución y logística, planeación y producción, gestión de proyectos y recursos humanos, de tal manera en que automatizan las actividades asociadas a aspectos operativos y productivos, para que las organizaciones operen de manera óptima bajo un sistema estandarizado y cuenten con información confiable.
5. **Software para cálculos estructurales.** El más difundido es el software Tri-calc, de la empresa española Arktec, creada en 1985¹¹. El desarrollo de este software lo inician en 1990 y al año siguiente se realiza su primera presentación. Su principal característica es que permite calcular estructuras de acero, hormigón –o cualquier otro material- en un único programa. En los antiguos programas, en los años 80s, era necesario cambiar de software y de forma de trabajo dependiendo del material de la estructura¹². Su difusión en la Argentina comienza recién a fines de los 90s/ principios de los 2000s. Si bien se trata de un software enlatado, está adaptado a las condiciones locales (tanto por el idioma como por la forma de ver los planos, que es de una manera distinta a como lo hacen los españoles).
6. **Domótica.** Hace referencia a un conjunto de tecnologías aplicadas al control y automatización de una vivienda inteligente, aportando beneficios en términos de uso eficiente de energía, bienestar y seguridad. La automatización de las funciones del hogar permiten, por ejemplo, manejar equipos de manera remota (prender la cocina desde el exterior de la vivienda, apagar un sistema de riego si comienza a llover, etc., a través de un celular o aplicación móvil, requiriendo únicamente wi-fi). A su vez, estos ele-

¹¹ El CYPE es otro software ampliamente difundido para el cálculo de estructuras, también de origen español.

¹² Fuente: <http://www.arktec.com/es/Empresa/Historia/Arktec/Arktec.aspx>. Allí se detalla la historia del software y su evolución en sus distintas versiones.

mentos de confort están asociadas al ahorro y uso eficiente de los servicios, por ejemplo, apangando la calefacción si no hay nadie en la vivienda o las luces cuando es de día. Se trata de una innovación muy incipiente, que se encuentra en pleno desarrollo por parte de las principales empresas de tecnología (como Intel) y de dispositivos para el hogar (tales como Philips, LG Electronics, Sony, Samsung).

En la Tabla 4 se clasifican estas tecnologías, según sean genéricas (para el uso de actividades que van más allá de las involucradas en la industria de la construcción, así como del público en general) o específicas (para el uso particular de tareas desarrolladas en la industria de la construcción).

Tabla 4 - Tecnologías de la información y la comunicación, según sean genéricas o específicas.

| | Genéricas | Específicas |
|--------------------------------|--|--|
| Tecnologías de la comunicación | Smart phones/ Internet/ E- mail/ Web/ Google maps/ Google Earth | Portales de operaciones inmobiliarias |
| Tecnologías de la información | ERP/ Mapas digitales de catastro/ Pro- ject/ sistemas de animación y visuali- zación | CAD/ Software para cálculos estructurales/ domótica |

Fuente: Elaboración propia

Como se observa, la mayor parte de las tecnologías mencionadas son de amplio conocimiento dado que su difusión tuvo lugar en la mayoría de los sectores económicos y en la sociedad en general. Así, una primera conclusión que surge es que **la mayor parte de las innovaciones difundidas en la industria de la construcción constituyen tecnologías genéricas**. En cambio, las de desarrollo específico para ciertas tareas o eslabones de la cadena son un número muy reducido. Incluso, hay tecnologías específicas cuya difusión es aún acotada en el país y, en menor medida, a nivel global (como el CAD 3D y el BIM¹³).

La segunda conclusión general es que **la mayoría de las tecnologías apuntan a mejorar la organización de los procesos de coordinación, comunicación interna, gestión y manejo de información** (Brochner, 1990; Betts et al., 1991). Esta característica del proceso de difusión y adopción de innovaciones en el sector anticipa que la incorporación de TICs en el propio proceso productivo –obra- ha sido casi nula. Incluso la mayor parte de las tecnologías incorporadas en obra tienen como objetivo mejorar la coordinación, gestión y monitoreo del proceso de construcción.

¹³Las siglas BIM proceden de Building Information Modeling. Es un sistema información que se genera y se mantiene durante el ciclo de vida del edificio, ya que consiste en un proceso de gestión de la documentación del procedimiento constructivo. La filosofía del BIM es traspasar toda la información del edificio al formato digital. El BIM tiene en cuenta la geometría, la relación espacial, la información geográfica, las propiedades de los materiales, etc. Su principal utilidad está asociada al facility management (operación y mantenimiento) de edificios complejos.

Funcionalidad de las tecnologías: ámbito de aplicación y mecanismos de impacto sobre la productividad.

En la Tabla 5 se listan estas tecnologías, de acuerdo a la función en la que fueron incorporadas. Las funciones o etapas incluyen todo el proceso o cadena de la industria de la construcción. Cada una de ellas no necesariamente identifica un actor específico de la industria que la cumple (por ejemplo, la comercialización puede estar a cargo tanto de la empresa constructora como de una inmobiliaria).

Tabla 5 Introducción de TICs según etapas de la cadena de la construcción.

| | | Etapas de la cadena de la construcción | | | | | |
|-------------|-------------------------------------|--|---|---|--|---|---------------------------|
| | | Desarrollo ^(I) | Diseño ^(II) | Cálculo ^(III) | Comercialización ^(IV) | Gestión y administración ^(V) | Obra ^(VI) |
| Tecnologías | Con uso específico para una función | 1. Mapa digital catastral 2. Google Maps 3. Google Earth 4. Portales de operaciones inmobiliarias | 1. CAD 2. Visualización y simulación | 1. Software para cálculo de estructuras (Tricalc) | 1. Render 2. Base de datos. 3. Portales de operaciones inmobiliarias 4. Google maps | 1. ERP 2. Project | 1. Domótica 2. Project |
| | Comunes a todas las etapas | Internet - Web - Mail - Teléfonos celulares | | | | | |

^(I) **Desarrollo:** incluye la definición del concepto o de la idea.

^(II) **Diseño:** incluye el dibujo del proyecto

^(III) **Cálculo:** incluye las tareas del cálculo de las estructuras de los edificios.

^(IV) **Comercialización:** compra/venta/alquiler del inmueble

^(V) **Gestión y administración:** incluye la coordinación de todas las actividades del proyecto (*Project management*)

^(VI) **Obra:** ejecución del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

A continuación se describen, por etapas, las tecnologías incorporadas en las distintas funciones de la cadena. En cada caso, se detalla el objetivo y uso dado a la tecnología y se describe el mecanismo a través del cual su incorporación impacta en la productividad a nivel de empresa, del eslabón en el que es incorporado, y a nivel de la industria en su conjunto. Esta visión sistémica es clave ya que, dada la forma en la que se organiza la actividad de la construcción, pierde sentido el análisis a nivel de actores cuando la estructura de red (que involucra múltiples actores y funciones) y el elevado nivel de interrelación entre cada componente hace que los cambios introducidos en un eslabón tengan impacto en otros eslabones encadenados. La construcción no empieza ni termina en la obra y, por este motivo, el análisis del desempeño del sector y de su productividad debe hacerse a nivel integral.

3.2.2.1. Desarrollo

Como muestra la Tabla 5, las tecnologías identificadas durante la etapa de desarrollo son los mapas digitales de catastro, *google maps*, *google earth* y los portales de operaciones inmobiliarias como *zona prop* y *argenprop*. Todas ellas contribuyen a la definición del concepto y facilitan el estudio de mercado. A su vez,

todas apuntan a incrementar el flujo de información disponible al momento de decidir “qué construir”, con lo cual aportan precisión para la toma de decisiones y reducción de los tiempos que insume la definición del proyecto.

Los **mapas digitales de catastro** aportan una amplia variedad de información, que aporta precisión y reducción de tiempos en la etapa de evaluación de las opciones de inversión. Cuando esta información no estaba digitalizada, el personal abocado a esta tarea debía dirigirse personalmente a cada terreno y recopilar los datos de manera personal o a través de terceros informantes. Esta herramienta se combina y complementa en esta etapa con las demás tecnologías (google maps, google earth, zonaprop) para aportar eficiencia y agilizar la búsqueda del terreno.

Estas tecnologías también resultan claves para la comparación de escenarios sobre las diversas opciones de edificación. Permiten llevar al cliente una “carpeta” mucho más precisa para presentarle las diferentes alternativas y facilitarle la decisión. En palabras de uno de los entrevistados, *“antes teníamos que hacer una gira en un taxi con el cliente y ver las diferentes zonas por arriba. Hoy, si bien continuamos yendo a ver la zona, hay una etapa previa en la que, gracias a la disponibilidad de información, se acotan las opciones: en vez de ir a ver 14 alternativas vemos 6”*.

3.2.2.2. Diseño

La introducción del **CAD** es una de las innovaciones más relevantes de los últimos 20 años de la industria de la construcción, que altera completamente el proceso de trabajo de los estudios de arquitectura y diseño. Es la herramienta de diseño predominante desde su introducción hasta la actualidad. El pasaje del lápiz y la tinta al dibujo en computadoras aportó eficiencia, precisión y velocidad en la definición del proyecto. Las ganancias de **precisión** se asocian fundamentalmente a los procesos de cálculo y medición asociados al dibujo, que en la actualidad los resuelve automáticamente y en tiempo real el software. Las ganancias en **tiempo** son claras y se ponen de manifiesto en diferentes situaciones.

En primer lugar, en la velocidad del dibujo. En segundo lugar, en la rapidez con la que es posible resolver errores (un error en un plano durante la etapa previa podía significar empezar de nuevo). En tercer lugar, en la velocidad de respuesta a las especificidades de la demanda: ante modificaciones requeridas por los clientes en los planos, por ejemplo. Este caso en particular también se reproduce a las demás relaciones que mantienen los diseñadores con otros actores. Son numerosas las etapas de interacción de los proyectistas/diseñadores, no sólo con el cliente sino con un gran número de subcontratistas que luego intervienen en la etapa de obra. Entonces, un cambio solicitado por el cliente tiene que reproducirse en cambios en los demás planos para la cotización de todas las actividades involucradas. El ritmo de trabajo cambia completamente con el CAD y, por supuesto, las tecnologías complementarias que facilitan que los procesos de interacción entre los diferentes actores sean mucho más ágiles (internet, mail, telefonía). Claramente aquí la conjunción de tecnologías es clave para potenciar el uso de cada una.

De esta manera, el impacto del CAD produce ganancias de eficiencia en la **medición** (y, por lo tanto, co-

tización de las distintas actividades), el **proceso de dibujo** y en la **interacción** entre los diferentes actores intervinientes en un proyecto.

La conjunción de estos beneficios nos lleva a concluir que la tecnología de diseño permitió **reducir fuertemente el tiempo que transcurre desde la decisión de inversión hasta el inicio de la obra**. Este impacto es claramente visible por todos los actores entrevistados, si bien vale la pena aclarar que en los hechos puede ser que el tiempo no sea efectivamente menor, pero esto tiene que ver con las regulaciones y los tiempos de aprobación de los planos. La velocidad del ritmo de cambio tecnológico de las TICs muchas veces no va de la mano de cambios igualmente veloces en actividades conexas. En el mismo sentido, la interfase con el Estado para gestionar los permisos no se aceleró, más allá de la cantidad de nuevas regulaciones existentes.

Por otro lado, también pudo verse en las entrevistas que la introducción de tecnologías dio lugar a un proceso de intensificación de la competencia. En la etapa previa, las habilidades de cálculo y proyección eran altamente valoradas y pertenecían a personas con cierto grado de experiencia y nivel de conocimiento. En la actualidad, si bien continúan siendo actividades valoradas, parte de las tareas son resueltas por el software y el resultado se traduce en una caída de las barreras a la entrada que permite, en la actualidad, que un mayor número de arquitectos hagan cada vez más edificios con mayor complejidad.

La complejización de los edificios “oculta” también el impacto positivo del CAD sobre la productividad medida en términos temporales, con lo cual es necesario dissociar ambos efectos. Si bien la cantidad de horas hombre requeridas para el desarrollo de un plano ha disminuido drásticamente, en la actualidad la construcción requiere de una mayor cantidad de planos y más complejos, en parte por las regulaciones asociadas, sobre todo, a cuestiones de seguridad e higiene y en parte porque los servicios que prestan los edificios en la actualidad (las denominadas **amenities**) y la funcionalidad que se espera de ellos es mucho mayor.

Por otra parte, antes quedaban más cuestiones a resolver en la etapa de ejecución de la obra, había equipos de manejo técnico en obra que iban resolviendo a lo largo de la obra lo que hoy resuelve el arquitecto en su estudio. Las constructoras tenían un equipo (en las obras grandes) que iba poniendo al día todos los planos. En la actualidad este equipo de trabajo continúa existiendo pero es mucho más reducido porque todos los planos están disponibles de manera simultánea en el estudio y la empresa constructora. Todo esto contribuye a reducir el número de errores en obra. De esta manera, queda así reflejado que el impacto del CAD no se da únicamente en la etapa que lo introduce –diseño–, sino también en las actividades encadenadas que ven afectado su proceso de trabajo a partir de la adopción de esta tecnología. Este es el caso de la obra y los subcontratistas, que interactúan constantemente durante todo el ciclo de vida del proyecto con la etapa de diseño y arquitectura.

Si bien el análisis aquí se centra en la introducción de innovaciones radicales para representar el salto de productividad en relación a la etapa previa, es importante destacar que las innovaciones incrementales también producen impactos en la productividad, tanto por el lado del aumento de la eficiencia en el uso de los recursos como por el lado del ahorro de tiempos de trabajo. Esto significa que el salto de productividad que

produjo la irrupción del CAD en el mundo del diseño a través de la introducción de una innovación radical (que marca el paso del dibujo a mano al dibujo a máquina) se refuerza con innovaciones incrementales que producen mejoras en el producto inicial, a partir de la introducción de nuevas funciones¹⁴. Se trata de un proceso dinámico que evoluciona y, por tanto, su impacto no fue sólo un salto discreto que se ve en un único momento del tiempo, de una vez y para siempre, sino que es continuo.

A pesar del uso difundido del CAD en la etapa del dibujo, a partir de las entrevistas realizadas y de información secundaria, surge además que el potencial de esta herramienta es mucho mayor que lo explotado en la actualidad. En primer lugar, su uso se encuentra sub-explotado en los eslabones de la cadena que pertenecen a la industria manufacturera. A modo de ejemplo, el proceso de cortado y doblado del hierro en la Argentina se realiza en obra cuando, según los entrevistados, en los países de Europa e incluso en países limítrofes como Brasil y Chile el hierro se comercializa cortado y doblado. En otras industrias, como la automotriz, la incorporación de software al proceso productivo parece haber tenido una penetración mucho mayor: el CAD se utiliza para el diseño de piezas, luego se hacen simulaciones en otro software y posteriormente se envían a producción. Una utilización similar de las tecnologías en los procesos industriales de la cadena de la construcción deberían impactar en la reducción de tiempos y número de empleados en obra. En particular, en el ejemplo del hierro, si el cortado y doblado no se produjese en obra, las ganancias se darían también (además de en términos de tiempo y mano de obra) en la reducción de desperdicios en obra, contribuyendo a una construcción más limpia.

“La aplicación de tecnología es un proceso que hoy está disociado en la industria de la construcción. Hacer el cortado y doblado en la obra es ineficiencia. La integración a través de la tecnología debería reducir los tiempos del proceso. Si el CAD lo usamos para plotear un plano, la obra lo revisa y lleva el plano al proveedor para que diseñe el cortado y doblado, lo haga y entregue, todo ese proceso duró 10 días. Entonces no te dan los tiempos, pero la integración de tecnología entre el que corta y dobla, el que diseña y la obra, debería acortar eso a 4 días. Yo no divido si diseño o no, porque en definitiva el que diseña es parte de mi proceso. Esos son nichos en los que creo que la industria tiene margen para avanzar”.

Los factores que explican la sub- explotación del CAD en la construcción escapan a los objetivos de esta investigación. Sin embargo, a partir de las entrevistas surgió la hipótesis de la barrera cultural, asociada a la forma de trabajo que tiene la construcción en nuestro país. En particular, uno de los entrevistados se refirió a la falta de planificación y previsibilidad. Para que el cortado y doblado no se haga en obra sería necesario contar con los planos con antelación suficiente para encargar este proceso a los proveedores. En cambio, muchas decisiones se siguen tomando en el proceso mismo de obra, “sobre la marcha”.

¹⁴En el siguiente link se describen los cambios que se fueron incorporando en las diferentes versiones del AUTOCAD desde su creación en el año 1982: http://www.arquitectura.com/cad/artic/historia_autocad.asp#_Toc457801497

En la misma dirección, diversos autores han señalado que el CAD se utiliza de manera sub-óptima y señalan que el potencial de esta herramienta, junto con otras tecnologías, está en las mejoras que pueden lograrse en la coordinación de los diferentes actores involucrados en la construcción (Bhavnani et al., 1996; Marir y Aouad, 1998; Rowlinson y Yates, 2003, Schreyer et al., 2005). En particular, estos autores se refieren al potencial del CAD en tres dimensiones (3D), cuya difusión es aún incipiente en la industria.

3.2.2.3. Cálculo estructural

En la etapa de cálculo estructural la adopción más relevante de TICs es la de programas (software) específicos para la realización de los cálculos. En particular, en la Argentina uno de los programas más difundidos es el Tri-calc. La introducción de esta tecnología tiene alrededor de 15 años, si bien a nivel mundial comenzó a difundirse hace más de 20.

El impacto en términos del ahorro de horas de trabajo ha sido muy significativo. En los 70s todo el cálculo se hacía a mano. Luego, a principios de los 80s, los cálculos comenzaron a hacerse con calculadoras programables (80s). Pero dado que aún no existía el CAD, el plano se continuaba haciendo a mano en un tablero. Así, los arquitectos enviaban el plano a los estructuralistas, que superponían un papel de calcar y generaban un nuevo plano con el cálculo de las estructuras. En la actualidad el CAD y los software de cálculo son dos tecnologías compatibles y muy complementarias, puesto que la superposición de planos se hace fácilmente con el programa.

Por otro lado, con la incorporación de estos programas la calidad del cálculo se ha incrementado considerablemente, en la medida que el software aporta mayor precisión. Esta precisión en el cálculo se traduce a su vez en un mejor aprovechamiento de los materiales: las ganancias en exactitud conducen a un uso más racional de los materiales. En un edificio hay muchos factores que inciden fuertemente sobre las estructuras y que, por lo tanto, deben tenerse en cuenta en el momento del cálculo (cargas gravitatorias, accidentales, viento, sismos, entre otros). Con anterioridad, se suponía un estado de carga y vientos –en general el escenario más perjudicial- y sobre ese se hacía el cálculo. En cambio, con los software actuales es posible tener en cuenta todos los estados alternativos e ir ajustando el cálculo a los distintos escenarios.

3.2.2.4. Comercialización

Con la introducción y combinación de las tecnologías asociadas a esta etapa (portales inmobiliarios, realidad virtual, etc), se producen profundos cambios. Uno de los más relevantes está asociado a la difusión de la actividad de comercialización en etapas previas al inicio de la obra (pre-venta).

Los **sistemas de visualización y simulación (realidad virtual)** han sido una de las tecnologías más significativas, facilitando la comercialización de las unidades en forma previa a la construcción. En este caso, es posible, a través de los recorridos virtuales, ver con precisión cómo va a quedar la unidad terminada. En palabras de uno de los entrevistados, *“nosotros en la página tenemos los render y un brochure virtual, que nos ayuda muchísimo a vender. Antes, y sólo en ciertos casos, se contaba con maquetas (que implicaban altos costos de realización)”*.

La realidad virtual es utilizada en la primera etapa de desarrollo de los proyectos con objetivos comerciales. Los *renders* provocaron una gran transformación en el modo de comercialización y favorecieron la concreción de ventas durante la etapa de búsqueda de fondeo para la construcción. Fenómeno que, a su vez, retroalimenta la centralidad de los desarrolladores, en desmedro de la capacidad financiera (basada en parte en la disponibilidad de activos contra los cuales demandar crédito bancario) de las constructoras.

Hay entonces un fuerte uso de la realidad virtual en la venta de pozo, no así cuando el edificio ya está construido, etapa en la que exhibición del departamento real (a través de fotos, videos, etc) continúa siendo más relevante. En este sentido, uno de los impactos de la introducción de estas tecnologías es que se emplean menos personas en la etapa de comercialización. Las inmobiliarias han reducido su personal y se manejan más desde la oficina que antes (fundamentalmente en el caso de los desarrollos nuevos, no tanto en los usados).

“Antes tenías tu equipo comercial adentro o las inmobiliarias que vendían tu producto. Ahora nosotros tenemos nuestra propia base de datos y podés obviar a la inmobiliaria. Hoy no tenemos comerciales adentro. Las consultas nos llegan a nosotros directamente y decidimos si las respondemos nosotros o las derivamos. Ahí hay una competencia con la inmobiliaria”

Por otro lado, la aparición de **portales inmobiliarios** (entre los portales más difundidos pueden mencionarse zonaprop y argenprop) de búsqueda de propiedades para operaciones de alquiler y compra/venta fue una importante innovación que ha contribuido a modificar la dinámica del mercado inmobiliario. El impacto se pone de manifiesto en varias dimensiones.

En primer lugar, en el acceso a la información. Estos portales contienen información sobre el tipo de vendedor (inmobiliaria o privado), las características del inmueble (metros cuadrados, ambientes, calidad del mobiliario/ sanitarios/ etc), ubicación, fotos y precio. La reducción del problema de “información asimétrica” se traduce en una clara ganancia de los clientes, ya que al momento de comprar/alquilar un inmueble pueden realizar una comparación de precios entre propiedades similares y, al momento de querer concretar la operación, negociar con la contraparte sobre la base del conocimiento de otras ofertas. En este sentido, en términos organizacionales, pierde poder, en primer lugar, la inmobiliaria a manos del cliente final. Toda la información que en la actualidad está a disponibilidad del cliente antes era exclusiva de las empresas inmobiliarias y, en este sentido, estaba sometida a una competencia menor. El proceso de competencia se intensifica cuando el acceso a la oferta es masivo, reduciéndose a la vez considerablemente los tiempos que los clientes/ consumidores insumen en la búsqueda de información sobre lo que desea alquilar/ comprar.

En segundo lugar, si bien de manera aún no del todo difundida, estos portales permiten “saltar” la intermediación de las inmobiliarias. En muchos casos, son los propios dueños los que publican su propiedad en estas web y otras donde la presencia de inmobiliarias suele ser menor (mercadolibre, alamaula, solodueños, etc). Así emerge un *trade off* entre el impacto positivo que las TICs generan sobre el funcionamiento del mercado inmobiliario y los efectos negativos que la intensificación de la competencia genera para la mayor parte de las inmobiliarias.

La tercera dimensión sobre la que se expresa el impacto de las TICs tiene que ver con la velocidad de “realización” del inmueble. Este aspecto puede ser visualizado en un doble sentido. Por un lado, cuando se trata de un nuevo emprendimiento, las nuevas tecnologías favorecen, como vimos, la difusión e interpretación de la iniciativa, contribuyendo (desde la perspectiva de la empresa desarrolladora de la misma) a la venta en pozo. Del otro lado, aunque íntimamente ligado a lo reseñado, los nuevos portales y, en términos más generales, la capacidad de promocionar la venta de los emprendimientos y/o unidades ya construidas en las páginas de las propias empresas desarrolladoras o de las inmobiliarias facilita, en relación al pasado, la ampliación *territorial* del mercado potencial. En otras palabras, disminuyen sensiblemente el costo de recolección de información por parte de inversores y/o compradores localizados fuera de la jurisdicción en que se asienta el emprendimiento o la unidad, contribuyendo así a cierta *deslocalización* de la demanda. Fenómeno que resulta particularmente notorio cuando se trata de colocar productos (sea para alquiler o venta) en localidades con fuerte atractivo turístico.

En síntesis, anticipación temporal de la transacción y ampliación de la demanda potencial elevan la productividad (en términos económicos) de los proyectos por la vía de la reducción del costo financiero y la disminución del riesgo de realización (venta) del proyecto.

3.2.2.5. Administración y gestión

El salto discreto lo produce la planilla de cálculo, las soluciones específicas para ciertas tareas de la administración y gestión y los desarrollos integrales. Con las soluciones o desarrollos específicos, las diferentes partes del proceso eran sistematizadas por separado y, muchas veces, los sistemas no eran compatibles. En cambio, con el **sistema de gestión ERP**, que está comenzando a difundirse paulatinamente en la industria, las diferentes funciones pueden estar integradas. El objetivo del ERP es asegurar el ingreso de información en el momento en que se crea y que esté disponible para todos los participantes dentro de la organización.

La implementación de este tipo de software para la construcción es atractiva por el volumen de los flujos de información que tiene lugar entre los distintos actores y que conduce en muchas ocasiones a problemas de comunicación internos a los proyectos y, por tanto, a la toma de decisiones erróneas. En este contexto, un software integrador, que coordine y vincule las diferentes etapas productivas, tendría mucho que aportar en términos de eficiencia. Con la implementación de sistemas ERP, las organizaciones se vuelven capaces de proveer diferentes niveles de información sobre diversos procesos intra- organizacionales a sus empleados y actores involucrados a partir de la integración de información proveniente de múltiples fuentes (Kumar et al, 2003; Yang et al, 2007).

Las ganancias son, en primer lugar, en términos de **inter-operatividad**, lo cual es de suma importancia en una industria altamente fragmentada, donde son numerosos los procesos en los que es necesario compartir e intercambiar información y donde intervienen diversos actores territorialmente dispersos y provenientes de diferentes industrias. Esta herramienta permite la integración de funciones que antes se ejecutaban en diferentes soportes informáticos y, en muchos casos, conducían a la duplicación de tareas. Los software previos eran específicos del área administrativa (en general integraban contabilidad, cuentas a pagar y com-

pras) y el resto de las áreas trabajaba con otros programas que, las más de las veces, no eran compatibles entre sí. Por ejemplo, el área comercial hacía sus presupuestos en Excel, luego la obra cargaba la estructura de costos en otro Excel, etc. El ERP permite la integración total a partir de una única matriz de planificación que luego vincula y se pone a disposición de las diferentes áreas. Si bien ciertas etapas continúan contando con soportes informáticos específicos, el ERP permite compatibilizarlos¹⁵.

Esta integración tiende a **eliminar errores y bajar los tiempos administrativos**. La tecnología que se lleva a la obra con el ERP es una pantalla/ tablero de control (al alcance de cada jefe de obra), que concentra toda la información y muestra el avance desde el punto de vista de plazos, costos y rentabilidad. La interoperatividad, a partir de la combinación de tecnologías de comunicación, de coordinación, de diseño y de gestión de la información lleva a que el proceso de construcción pueda ser coordinado en forma electrónica. Al integrar el software utilizado en el diseño de la construcción, elementos separados pueden ser montados en un entorno virtual para producir una versión digital, con todos los detalles de la realidad posterior (Harty, 2008).

En segundo lugar, permite contar con la información de la **rentabilidad por obras**, dado que es posible tener un balance y un manejo del *cash flow* por proyecto.

En tercer lugar, produce ganancias de **eficiencia** derivadas de la mejora en la toma de decisiones. El jefe de obra tiene acceso, por ejemplo, a toda la comparativa de precios de instalaciones eléctricas. Entonces, por ejemplo, si observa desvíos importantes puede contemplar una reingeniería de la instalación eléctrica para bajar costos. Así, el ERP dispara información que indica dónde hay que poner la mirada y concentrar los esfuerzos para reducir los costos. Incluso es posible incrementar la calidad a través de la reingeniería¹⁶.

“Al jefe de obra, en la vorágine de buscar las contrataciones se le pasan cosas. Ahora, si ese Project lo tenés vinculado al plan de compras, y ves online si pusiste el requerimiento y si compras disparó el pedido de cotización del requerimiento, te estás anticipando al sistema. Todo esto en línea mejora tremendamente la comunicación interna y el seguimiento interno de todos los procesos que están en el medio para que puedas cumplir un plazo”.

En síntesis, el impacto sobre la **productividad** dentro de la estructura organizativa, a través de la integración y del manejo de información, es claramente visible por los actores entrevistados. En palabras de uno de ellos, **“desde la administración, hoy con la misma cantidad de gente y este sistema de gestión podemos administrar más obras y mejor”.**

¹⁵Por ejemplo, la proyección de la obra se realiza en Project y el ERP levanta la información que se genera en ese soporte.

¹⁶En términos generales, diversos autores han señalado que la introducción de TICs ha facilitado la reingeniería y el rediseño de los procesos de negocios y de producción de la mayoría de las actividades económicas (Love y Gunasekaran, 1997; Hammer y Champy, 1993; Hammer, 1990; King, 1991; Hong-Minh, 2002).

A pesar de ello, es importante aclarar que los beneficios de los sistemas ERP probablemente ocurran sólo –o en mayor medida- en las empresas de mayor tamaño relativo. La adopción e implementación de un ERP es altamente costoso, lleva tiempo e inversiones complementarias. Esto es así sobre todo porque no hay desarrollos verticales específicos para la construcción y la adaptación posterior es muy grande. Los ERP hoy disponibles en el mercado argentino no tienen en cuenta ciertas particularidades de la industria, como el manejo de anticipos o la retención de los fondos de reparo, que son elementales y comunes a cualquier contrato de construcción. Pero, además, es costoso porque, como toda tecnología no institucionalizada por el sistema educativo, demanda a las empresas una ingente inversión en capacitación.

Incluso a nivel internacional, diversos autores reconocen que la implementación de sistemas ERP ha sido problemática en la industria de la construcción, sobre todo porque fue desarrollado para las líneas de producción de la industria manufacturera (Kuruoglu, 2002; Acikalin et al, 2008) y por los altos costos de implementación y mantenimiento y los cambios necesarios en las rutinas organizacionales (Acikalin et al, 2008). La cantidad de actividades a integrar en un sólo proyecto es mucho mayor en la industria de la construcción que en la manufactura y la mayoría no son cubiertas por los sistemas ERP estándar. Shi y Halpin (2003) resaltan la importancia de desarrollar una teoría básica para el desarrollo de un ERP específico para la construcción (*Construction Enterprise Resource Planning Systems, CERP*). Por su parte, Voordijk et al (2003) investigan los factores que dieron lugar al éxito o fracaso de los sistemas ERP en grandes empresas constructoras de Holanda. Según estos autores, la incorporación de ERP condujo a más fracasos que éxitos en las grandes compañías constructoras, causados principalmente por las diferencias e inconsistencias entre las definiciones de los procesos de las aplicaciones estándar de ERP y el proceso de negocio típico de la industria de la construcción.

Más allá de estos sistemas, la tarea administrativa también se agilizó como consecuencia de la **emergencia de la banca electrónica** y la informatización de los proveedores. Esto ha permitido concentrar la tarea administrativa fuera de la obra. Con anterioridad a la penetración de las TICs, en algunos casos era necesario mantener un departamento administrativo en la obra porque las compras se realizaban desde allí. Hoy, en la obra sólo se manejan compras pequeñas. Los requerimientos se realizan a través de una planilla de solicitud de insumos, que se dispara a compras y, desde allí, se realiza el pedido al proveedor.

Finalmente, la difusión de internet viene de la mano del **acceso a un gran volumen de información** con impacto directo, por ejemplo, sobre los costos de licitación. Para cada uno de los insumos requeridos se cuenta con información de diferentes proveedores y una comparativa de precios que permite acceder a las cotizaciones más competitivas en una compulsa de precios.

3.2.2.6. Obra

Las tecnologías implementadas en obra son esencialmente las genéricas. La introducción de **teléfonos inteligentes** agilizó la toma de decisiones y la gestión de la comunicación con actores dispersos, ubicados “fuera de la obra”. En palabras de uno de los entrevistados, *“cuando hacía obras en el sur mi única comunicación era a través de una radio y tenía que esperar tener frecuencia y horario para comu-*

nicarme. Hoy tengo un teléfono celular y puedo comunicarme en el momento que quiera. Es una transformación descomunal”.

De todas maneras, todos los entrevistados coincidieron en que la etapa de obra continúa siendo muy intensiva en trabajo –capacidades motrices- y que las tecnologías incorporadas, si bien han facilitado y agilizado fundamentalmente la comunicación, no tienen ningún impacto sobre la relación capital- trabajo. Según los entrevistados, esta relación podría verse afectada únicamente a partir de la introducción de nuevas maquinarias y bienes de capital en la obra.

Sin embargo, este proceso no tuvo lugar como sí ocurrió en otros sectores, como por ejemplo el sector agropecuario. En este caso, la fabricación de maquinarias para la denominada agricultura de precisión, está basada en la incorporación de las tecnologías de la información a la maquinaria agrícola. Una variedad de software (como GPS, monitores de rendimiento, etc.) fueron introducidos a la maquinaria, con impactos altamente significativos sobre los niveles de productividad de la actividad agrícola. Esto no ocurrió en la industria de la construcción y, de esta manera, haciendo una analogía con el sector agropecuario, podría decirse que no ha habido un desarrollo de bienes de capital para la “construcción de precisión”.

Diversos autores coinciden en señalar que la baja intensidad del capital de la industria limita el interés de los proveedores de invertir en mejoras tecnológicas de los equipos y herramientas usadas en la construcción (Tatum, 1989). El único caso vinculado a la introducción de tecnologías específicas en esta etapa es el de la **domótica**. De todos modos, esta tecnología tampoco altera la relación capital- trabajo en la obra, por lo que el impacto sobre la productividad no se da vía ahorro de mano de obra o tiempo de construcción. En todo caso, este impacto podría manifestarse a través del aumento del precio final de los inmuebles y, por tanto, de la tasa de ganancia de los constructores. Sin embargo, los principales beneficios de la domótica están en manos de los usuarios finales mediante el aumento del confort, la seguridad y la eficiencia en el uso energético.

Una última cuestión interesante para destacar es el impacto que recibe la obra de la introducción de TICs en otras etapas. En particular, en las entrevistas surgió que la implementación del ERP provocó dificultades de adaptación por parte de las personas involucradas en la obra debido a que el sistema busca estructurar actividades y decisiones que antes tenían lugar de manera más informal. Con el ERP el jefe de obra tiene que planificar y anticiparse a las decisiones porque la estructura de tareas y sus presupuestos están explicitados en el sistema. Así, si hay que introducir un cambio en una determinada tarea que, por ejemplo, incrementa los costos aprobados, es necesario pedir autorización, seguir ciertos procedimientos y explicar a qué se debe el desfasaje de precios. De esta manera, la obra está ahora más monitoreada, y si bien este control puede frenar un poco la obra, evita o acota las posibilidades de que se incrementen los costos.

Lo anterior pone de manifiesto, una vez más, el impacto de las TICs sobre determinadas interfases –en este caso, entre las etapas de administración y obra- y refuerza el abordaje sistémico que requiere el análisis de la innovación en la industria de la construcción.

4. Conclusiones

A lo largo del trabajo se analizaron las diferentes vías a partir de las cuales las revoluciones tecnológicas y organizacionales claves de los últimos paradigmas tecno-económico han impactado sobre la industria de la construcción residencial argentina, entendida como un sistema o cadena de valor que incluye todas las etapas que van desde la concepción de la idea hasta la comercialización de la vivienda.

En el primer caso, se ha demostrado que el paradigma de la industria petro-química, la mecanización y la producción en masa impactó principalmente sobre los eslabones de proveedores de materiales, dado que las innovaciones radicales que tuvieron lugar desde los inicios del siglo XX se manifestaron en la creación de nuevos productos e insumos de la industria manufacturera. En menor medida, la introducción de bienes de capital condujo a un proceso de mecanización de la construcción, si bien su incorporación en el país tuvo mayor lugar en la década de los 90s, en un contexto macroeconómico favorable a la importación de maquinarias y equipos. En términos organizacionales, hasta la década del 70, la empresa constructora comandaba la cadena, manteniendo una estructura altamente integrada verticalmente.

En el segundo caso, el trabajo realizado revela primero que la difusión del paradigma vigente de las TICs y la producción flexible tuvo lugar de manera asimétrica. Esto significa que la revolución organizativa y la tecnológica se difundieron en la industria en momentos muy diferentes y a un ritmo también dispar. La industria de la construcción fue una adoptante temprana de la organización en red, el nuevo modo que caracteriza al régimen de producción flexible. La fragmentación del proceso constructivo, que comienza en el segmento residencial en la década del '80 y se consolida en la década siguiente, responde tanto a la dinámica de variables macroeconómicas, que castigan las estructuras con altos costos fijos, como a la complejización técnica de la obra, que premia la sub-contratación de agentes crecientemente especializados.

En cambio, las TICs (en particular las tecnologías de la información) muestran un proceso de difusión en la industria mucho más lento, obstaculizado tanto por condiciones propias del sector –a nivel global- como por otras características del entorno local. Entre las primeras, se encuentran las especificidades del sector asociadas a la heterogeneidad de la oferta. El hecho de trabajar por proyectos implica que la construcción genera productos (edificios) “customizados” con características únicas, que hacen que todos sean distintos entre sí. A ello se suman características como la inmovilidad de la oferta, la complejidad, la durabilidad y el alto riesgo de fracaso. Todo ello limita el alcance de los beneficios derivados de las curvas de aprendizaje asociados a incrementos de productividad, típicos de sectores de la industria manufacturera. Dicho de otra manera, la introducción de TICs requiere un aprendizaje organizacional que implica costos y tiempo, lo cual entra en conflicto con la inestabilidad organizacional asociada a una industria que funciona por proyectos.

A su vez, el tiempo que implica el proceso de diseño y construcción en sí entra también en conflicto con la velocidad del ritmo de actualización tecnológica que tiene lugar por fuera de la industria. En términos de las condiciones del entorno económico local, todos estos obstáculos se ven potenciados por la inestabilidad del ciclo económico, que afecta las decisiones de inversión del empresariado local e impregna a la industria de un extraordinario nivel de volatilidad.

A pesar de lo anterior, a lo largo del trabajo se han identificado un conjunto de TICs implementadas en las diferentes etapas de la cadena durante los últimos 15- 20 años.

En primer lugar, la penetración del paradigma se da principalmente a través de **tecnologías genéricas**, difundidas ampliamente en la mayoría de los sectores de actividad y en la sociedad en general. Es el caso de los teléfonos inteligentes, internet y mail, donde la difusión es completa y abarca todos los eslabones de la cadena de valor. Estas herramientas tuvieron un impacto significativo sobre las diversas tareas involucradas, a través de la reducción de los problemas de coordinación de la cadena que surgieron como consecuencia del aumento del proceso de fragmentación productiva. Así, la difusión de las TICs redujo considerablemente los costos de transacción de los trabajos de gestión y permitió una mayor desterritorialización de las actividades productivas, lo que se manifiesta con claridad en las etapas iniciales de ingeniería básica, diseño y en el desarrollo de nuevas formas de organización del proceso constructivo (Brochner, 1990; Betts et al., 1991).

Por otro lado, dentro de estas tecnologías genéricas, también se difundieron algunos sistemas de gestión de la información como los programas ERP o SAP. En este caso, la penetración no es tan automática y sencilla como en el anterior, dado que, nuevamente, la lógica de la gestión por proyecto de la industria dificulta su implementación. Los ERP fueron diseñados principalmente siguiendo la lógica de producción de la industria manufacturera y, por tanto, la introducción en la construcción requiere de fuertes inversiones complementarias para adaptar el software al funcionamiento del sector, elevando así el costo de adopción. A pesar de ello, según las empresas entrevistadas que han incorporado ERP, los beneficios actuales y potenciales en términos de su impacto sobre la productividad son muy significativos. En la sección 2 de este trabajo se describieron y detallaron los mecanismos a partir de los cuales se dan estos incrementos en la productividad, asociados a la inter-operatividad –que permite reducir la cantidad de errores y los tiempos administrativos- y las ganancias de eficiencia derivadas de una mayor precisión en la toma de decisiones.

En segundo lugar, la introducción de **tecnologías específicas** se observa principalmente mediante la implementación de software para diseño, cálculo estructural y comercialización. En el caso del CAD, su implementación tuvo un fuerte impacto sobre la reducción de los tiempos y el aumento de la precisión del proceso de diseño. Esta tecnología se complementa con el uso de las herramientas genéricas mencionadas, agilizando nuevamente los canales de inter-fase de los diseñadores con los demás actores involucrados en esta etapa –subcontratistas-, a través del uso de internet, mail y teléfonos celulares.

En suma, los resultados de esta investigación van en la línea de la hipótesis planteada: la introducción de las TICs tuvo lugar, principalmente, en aquellas actividades más intensivas en conocimiento, como el diseño, la

administración, la gestión y el desarrollo. De esta manera, el impacto sobre la productividad ha sido positivo en esas etapas en particular y, fundamentalmente, a nivel de la industria en general.

A lo largo de este trabajo se señaló en varias oportunidades la importancia de la visión de cadena o sistema de la construcción, debido a que todos los actores que intervienen en el proceso completo, desde el desarrollo hasta la comercialización, interactúan constantemente a lo largo de la duración de todo el proyecto. Las etapas que constituyen la cadena no funcionan de manera aislada y en términos lineales (en el sentido que una etapa tiene inicio y fin, y luego el proceso continúa en la etapa siguiente), sino que se retroalimentan continuamente y, por tanto, la interdependencia entre las diferentes actividades es elevada. Si, de esta manera, entendemos la industria de la construcción como un conjunto de actividades que van más allá de la obra –que incluyen sectores de servicios y también de la industria manufacturera–, la hipótesis planteada queda corroborada.

La durabilidad de un proyecto inmobiliario se ha reducido considerablemente a partir de la difusión de las TICs, causada sobre todo por los ahorros de tiempos y las ganancias de precisión que tuvo lugar en los sectores intensivos en conocimiento. Sin embargo, el efecto de la adopción e implementación de TICs sobre la productividad de una industria (para lo cual debe además considerarse el impacto sobre la demanda de personal) depende no sólo del éxito con el cual las firmas introducen estas nuevas tecnologías, sino también el efecto sobre los usuarios que son parte de la misma cadena. Continuando con el mismo ejemplo, la adopción de TICs en las etapas de arquitectura y diseño incrementó la productividad y los beneficios de las empresas que constituyen esta etapa, pero a nivel de industria el saldo puede no ser positivo si las empresas constructoras encargadas puramente del proceso de obra no cuentan con las habilidades y capacidades requeridas para comprender estas nuevas tecnologías. En otras palabras, la adopción efectiva de TICs requiere la aceptación de los usuarios (Peansupap y Walker, 2006).

Finalmente, vale la pena hacer una última aclaración sobre la potencialidad de las nuevas tecnologías. A lo largo del trabajo se puso en evidencia que, si bien las TICs produjeron importantes beneficios en términos de productividad, existen diversas oportunidades para obtener de ellas mayor provecho, dado que, según la percepción de varios de los entrevistados, el uso que se hace de las TICs es aún limitado. No obstante, existen factores complementarios al uso de tecnologías que limitan el aprovechamiento que se puede hacer de ellas. Por ejemplo, el aprovechamiento que se hace de herramientas como *google maps* e internet en las etapas de definición del concepto y comercialización podría ser mayor si se contara, a la vez, con información pública más precisa.

Por otro lado, una consecuencia clara de la incorporación de las TICs es la generación de un volumen cada vez mayor de información que surge, por ejemplo, de las consultas que las empresas reciben diariamente por mail, de las decisiones involucradas en todo el proceso que son puestas de manifiesto en sistemas como los ERP, etc. A lo largo de las entrevistas se consultó en diferentes oportunidades si las empresas cuentan con alguna herramienta para sistematizar la información y utilizarla como insumo para la toma de decisiones posteriores. En general, la respuesta fue que esa información no se aprovecha para mejorar decisiones

posteriores, anticipar o resolver problemas. Esto pone de manifiesto que la base de conocimientos de las empresas constructoras continúa teniendo un fuerte componente tácito. Las decisiones se toman sobre la base de la experiencia de los empleados y del conocimiento incorporado en los procesos de aprendizaje que la propia experiencia genera. En ese sentido, las rutinas organizacionales se apoyan muy poco en conocimiento codificado (sistematizado en diferentes tipos de soportes que puedan estar disponibles para toda la organización). Esto podría sugerir, nuevamente, la existencia de potencial para la mayor explotación de estas tecnologías, si la información que se genera se tradujese a procedimientos codificados. Sin embargo, la característica del trabajo por proyecto de la industria, que aporta un elevado nivel de heterogeneidad a la actividad, podría ser un obstáculo para tal sistematización. De hecho, los entrevistados reconocen la riqueza de la información disponible pero dudan del provecho que podrían sacarle para mejorar su desempeño.

5. Bibliografía

- Acikalin, U., Kuruoglu, M., Isikdag, U., y Underwood, J. (2008). Evaluating the integrative function of ERP systems used within the construction industry. *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction: ECPPM 2008*, 245.
- Acs, Z. J., Morck, R., y Yeung, B. (1999). Productivity growth and firm size distribution. Z. J. Acs, B. Carlsson, and C. Karlsson (eds.), *Entrepreneurship, Small and Medium-Sized Enterprises and the Macroeconomy*, 367-396.
- Betts, M., Cher, L., Mathur, K. y Ofori, G. (1991), *Strategies for the Construction Sector in the Information Technology Era. Construction Management and Economics*, 9, 509{528.
- Bresnen, M. (1996). Cultural Change in the Construction Industry: Developing the Clients Management Role to improve Project Performance. Presentación en conferencia "Partnering in Construction", Universidad de Salford y University de Westminster, Mayo.
- Brochner, J. (1990), *Impacts of Information Technology on the Structure of Construction. Construction Management and Economics*, 8, 205- 218.
- Cámara Argentina de la Construcción, CAC (2008). "Impacto de la Globalización en la Industria de la Construcción. Hacia un nuevo escenario competitivo" Disponible en: <http://www.Cámara.org.ar/biblioteca#>
- Cohen y Levinthal (1990) *Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. Administrative Science Quarterly*, 35: 126- 152.
- Coombs, R. y Miles, I. (2000). *Innovation, measurement and services: the new problematique. In Innovation systems in the service economy* (pp. 85-103). Springer US.
- Coremberg, A. (2013) "La productividad de la industria de la construcción en Argentina: una medición ARKLEMS". - 1a ed. - Buenos Aires: FODECO, 2013. ISBN 978-987-1915-29-3
- Coremberg, A. (2000) *La reconversión productiva en el sector construcción en la Argentina durante la década del '90. Boletín Informativo Techint* 302. Abril - Junio 2000.
- Crepon, B., Duguet, E., y Mairesse, J. (1998) "Research, Innovation And Productivity: An Econometric Analysis At The Firm Level". *Economics of Innovation and New Technology*, 7(2), 115-158.
- Djellal, F. y Gallouj, F. (1999). *Services and the search for relevant innovation indicators: a review of national and international surveys. Science and Public Policy*, 26(4), 218-232.
- Dosi, G. (1982) *Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. Research Policy*, 11(3), 147-62.
- Duguet, E. (2007) *Innovation height spillovers and TFP growth at the firm level: Evidence from French manufacturing, Economics of Innovation and New Technology* 15, 415-442.
- Edquist C. (1997) *Systems of innovation approaches - their emergence and characteristics*, in Edquist, C. (ed.) (1997) *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, London: Pinter/Cassell .

- Freeman, C., Clark, J., y Soete, L. (1982). Unemployment and technical innovation: a study of long waves and economic development. London: Frances Pinter.
- Forcada Matheu, N. (2005). Life cycle document management system for construction. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Enginyeria de la Construcció. ISBN 8468925373.
- Gallouj F. y Weinstein O. (1997) Innovation in services. *Research Policy*, 26, pp. 537-566.
- Gambatese, J. A., y Hallowell, M. (2011). Enabling and measuring innovation in the construction industry. *Construction Management and Economics*, 29(6), 553-567.
- Goldfayl, G., (1999), *Construction Contract Administration*, University Press, Victoria.
- Griliches, Z. (1992) The search for R&D spillovers, *Scandinavian Journal of Economics*, 94, 29-47.
- Hammer, M. (1990). "Reengineering work: Don't automate, obliterate." Harvard Business
- Hammer, M. and J. Champy (1993). *Reengineering the corporation*. London, Nicholas Brealey Publishing.
- Harris, F. and McCaffer, R. (2001). *Modern Construction Management.*, 5th edn. Blackwell Science, Victoria.
- Harty, C. (2008). Implementing innovation in construction: contexts, relative boundedness and actor network theory. *Construction Management and Economics*, 26(10), 1029-1041.
- Hong-Minh, S. (2002). Re-engineering the UK private house building supply chain. Mateo, Mannheimer Texte Online.
- Hong-Minh, S. M., Barker, R. y Naim, M. (1999) Construction supply chain trend analysis. In Proceedings of IGLC 7th Annual Conference, Berkeley, CA, available at <http://cic.vtt.fi/lean/conferences.htm>
- Howell, G. and G. Ballard (1994). *Lean Production Theory: moving beyond 'Can-Do'*. Lean Construction. A. L. Rotterdam, AA Balkema, pp. 17-24.
- Informe Final Sector Construcción, Instituto de Desarrollo Industrial, Tecnológico y de Servicios (IDITS), Mendoza (2006). Disponible en: <http://www.idits.org.ar/Espanol/SectoresInd/Construccion/Publicaciones/Inf%20sectorial%20construccion%20Mza%20-%20IDITS.pdf>
- King, J. (1991). "Rip it up." *Computer world* Julio 15: 55-57.
- Kuruoglu, M. (2002) *Computer aided planning for Construction: Methods and Examples*, Istanbul, Caglayan Publishing.
- Latham, M. (1994). *Constructing the Team*. London, HMSO.
- Lavarello, P. y Gutman, G. (2014). Paradigmas y trayectorias tecnológicas, estrategias corporativas y posibilidades de entrada para países en desarrollo: reflexiones a partir del caso de las biotecnologías. En: Barletta, F.; Robert, V.; Yoguel, G. (Eds.): "Tópicos de la teoría evolucionista neoshumpeteriana de la innovación y el cambio tecnológico" (vol 2), en prensa.
- London, K. A., y Kenley, R. (2001). An industrial organization economic supply chain approach for the construction industry: a review. *Construction Management & Economics*, 19(8), 777-788.
- Love, P. and A. Gunasekaran (1997). "Process reengineering: a review of enablers." *International Journal of Production Economics* 50(2-3): 183-197.
- Lundvall B. A. (1985) *Product innovation and user- producer interaction*. Industrial Development Research Series Nº 31, Aalborg University Press.
- Lundvall, B. Å. e. (1992). "National System of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning", Londres, Pinter.
- Lundvall B. A. (1997) *National Systems and National Styles of Innovation*, paper presented at the fourth In-

- ternational ASEAT Conference, "Differences in 'styles' of technological innovation," Manchester, UK, Sept. 1997.
- Malerba, F. (2002) Sectoral systems of innovation and production. *Industrial and Corporate Change*, 31(2), 247–64.
- Malerba, F. (2005) Sectoral Systems: How and Why Innovation Differs across Sectors. En Fagerberg, Mowery and Nelson (eds), *The Oxford Handbook of Innovation*, cap. 14: 380 – 406.
- Malerba, F. y Orsenigo, L. (1997) Technological Regimes and Sectoral Patterns of Innovative Activities. *Industrial and Corporate Change*, 6 (1): 83 – 118.
- Maqsood, T., Walker, D. H., & Finegan, A. D. (2003). Investigating the role of ICT in improving productivity in construction supply chains in Australian construction industry.
- Marrano, G; Haskel, J. y Wallis, G. (2007) "Intangible investment and Britain's productivity" *Treasury Economic Working Paper No. 1*, HM Treasury, London.
- Molnár, M., Anderson, R., & Ekholm, A. (2007). Benefits of ICT in the construction industry—Characterization of the present situation the house building processes. In *Proceedings of the CIB W 78 conference, Maribor, Slovenia*, pg (pp. 423-428).
- Naim, M., y Barlow, J. (2003). An innovative supply chain strategy for customized housing. *Construction Management and Economics*, 21(6), 593-602.
- Nelson, R. (1993). *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, Oxford, Oxford University Press.
- Nelson, R. y Winter, S.G. (1982) "An Evolutionary Theory of Economic Change" Cambridge: Harvard University Press.
- Panaia, M. (1995). Demanda de calificaciones en la Industria de la Construcción. *Estudios del Trabajo*, 8, 73-107.
- Panaia, M. Algunas reflexiones sobre el proceso de trabajo y los logros de productividad en los sectores no fordistas de las economía. Disponible en: <http://catedras.fsoc.uba.ar/panaia/archivos/habitat/modulo5.pdf>
- Pavitt, K. (1984) Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory. *Research Policy*, 13(6), pp. 343–73.
- Peansupap, V., y Walker, D. H. (2006). Innovation diffusion at the implementation stage of a construction project: a case study of information communication technology. *Construction management and economics*, 24(3), 321-332.
- Peppard, J., y Rylander, A. (2006). From Value Chain to Value Network: Insights for Mobile Operators. *European Management Journal*, 24(2), 128-141.
- Porter, M. (1980) *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors*. Free Press, New York.
- Porter, M. (1985) *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Free Press, New York.
- Reichstein, T., Salter, A. J., y Gann, D. M. (2005). Last among equals: a comparison of innovation in construction, services and manufacturing in the UK. *Construction Management and Economics*, 23(6), 631-644.
- Richardson, G.B. (1996) The organisation of industry. In Buckley, P. and Michie, J. (eds). *Firms, Organisations and Contracts: A Reader in Industrial Organisation*, Oxford University Press.
- Robert, V.; Pereira, M.; Yoguel, G. y Barletta, F. (2013) "Micro, macro, and meso determinants of producti-

vity growth in Argentinian firms" *Evolutionary Economics* (en prensa).

Ruddock, L., y Ruddock, S. (2009) "Reassessing productivity in the construction sector to reflect hidden innovation and the knowledge economy" *Construction Management and Economics*, 27(9), 871-879.

Schumpeter, J. A. (1934) *Teoría del Desarrollo Económico*. Cambridge: Harvard University Press.

Schumpeter J.A. (1942) *Capitalism, Socialism and Democracy*, New York: Harper, 1975 (1942).

Shi, J. J. y Halpin, D. W. (2003) Enterprise Resource Planning for construction business management. *Journal of Construction Engineering and Management* 129(2):214–221.

Teece D. y Pisano G. (1994) The dynamic capabilities of firms: an introduction, *Industrial and Corporate Change*, 3, pp 537-556.

Vitelli, G. (1978). Cambio tecnológico, estructura de mercado y ocupación en la industria de la construcción argentina. *El Trimestre Económico*, 45 (4), 997-1031.

Voordijk, H., Leuven, A. V. y Laan, A. (2003) Enterprise Resource Planning in a large construction firm. *Construction Management and Economics* 21(5): 511–521.

Whyte, J. (2003). Innovation and users: virtual reality in the construction sector. *Construction Management and Economics*, 21(6), 565-572.

Winch, G. (2003) How innovative is construction? Comparing aggregate data on construction innovation and other sectors – a case of apples and pears. *Construction Management and Economics*, 21(6), 651–4.

