

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA CONSTRUCCIÓN AHORA ES CUANDO

Virgilio A. Ghio Castillo, obtuvo el grado de ingeniero Civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú, y posteriormente obtuvo los grados de Master of Science y Ph. D. de la Universidad de California en Berkeley, USA. Además trabajó como Ingeniero Investigador en el Instituto Tecnológico de Noruega – NTH, y posteriormente como Ingeniero Consultor en la firma norteamericana de ingeniería de Construcción, Ben C. Gerwick, Inc, de San Francisco, California. Actualmente, es profesor auxiliar del Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Además trabaja como consultor de empresas constructoras en sus áreas de investigación, las que se centran en tecnologías de materiales de construcción, reingeniería de procesos, innovación tecnológica, e ingeniería de valores.

Roberto Bascuñan Walker, cursa ingeniería en la Pontificia Universidad Católica de Chile, paralelamente a sus estudios de Magíster en la misma institución. Ha estado vinculado al Dictuc desde septiembre de 1993, hasta la fecha, como investigador. Además ha desarrollado trabajos en el Instituto Chileno del Cemento y el Hormigón. Actualmente está terminando su tesis de Magíster sobre innovaciones tecnológicas en la vivienda social en Chile.

Roberto Bascuñan

Este artículo discute ciertos aspectos de la innovación tecnológica en la construcción, y particularmente algunas de las nuevas necesidades y posibilidades existentes actualmente en Chile. Los autores del artículo consideran que la introducción de tecnologías de punta en el sector de la construcción es especialmente conveniente hoy en día, debido a diversas circunstancias que han convergido, así como, un crecimiento sostenido de la economía del país, los avances tecnológicos en las comunicaciones que facilitan la ubicación y captación de nuevas tecnologías, una mayor competitividad a nivel local como internacional, así como por el desarrollo que se ha alcanzado a nivel local en el campo de la investigación. Se discuten además los factores que favorecen la introducción de innovaciones tecnológicas en la construcción así como las relaciones que tienen dichas innovaciones con el resto de las partes de un proyecto. Finalmente se proponen posibilidades para el financiamiento de tecnologías innovadoras para las empresas constructoras.

INTRODUCCION

La industria de la construcción en general se encuentra rezagada con respecto a: el nivel tecnológico alcanzado en otros sectores de la industria; el nivel tecnológico alcanzado en la investigación tanto en productos de construcción y técnicas constructivas, así como; el nivel de desarrollo de la construcción en otros países. Diversos factores influyen en la lentitud en que se adoptan los nuevos avances tecnológicos en nuestro medio. Entre estos factores encontramos: (i) las empresas constructoras son altamente conservadoras y adversas al riesgo; (ii) hasta la fecha éstas no han encontrado la necesidad de mejorar sus procesos ya que la rentabilidad que han obtenido los ha satisfecho; (iii) sus competidores son también altamente conservadores. Estos factores generan una cierta inercia de la industria de la construcción ante el cambio y la modernización. Así pues, son pocas las empresas que vislumbran las innovaciones tecnológicas como oportunidades poderosas de generar negocios. Sin embargo, las circunstancias están cambiadas substancialmente debido a una serie de factores, entre los que se

encuentra una creciente competencia tanto nacional como extranjera. De mantenerse esta situación, las empresas constructoras chilenas irán perdiendo competitividad lentamente, hasta desaparecer ante empresas más agresivas que provengan del medio local ó ante empresas extranjeras.

Es importante, por lo tanto, que se promueva la innovación tecnológica en la industria de la construcción, mediante la incorporación de la filosofía de innovación entre los estudiantes, profesionales, y empresarios de la industria de la construcción. Es necesario además, que se divulguen las diferentes oportunidades de negocios que la innovación tecnológica puede ofrecer, y que se planteen recomendaciones concretas para la innovación tecnológica en la construcción, en donde se enfatizen las ventajas que las empresas puedan obtener de las innovaciones, y el rol que éstas ocupan en el desarrollo de Chile. Se espera que este esfuerzo genere un cambio importante en algunos sectores de la construcción, que aunque pequeños inicialmente, podrán generar una ola de competitividad en la industria en general que a la larga permita aumentar en nivel tecnológico promedio del país, y con ello su productividad y calidad.

Este artículo está basado en parte del trabajo de investigación conducido en el Departamento de Ingeniería de Construcción de la Pontificia Universidad Católica de Chile, el cual es parte, a su vez, de un esfuerzo global para determinar las necesidades tecnológicas de la industria de la construcción, así como brindar recomendaciones concretas para la modernización tecnológica en el área de edificación. Otros artículos en el área de innovación tecnológica se presentarán en futuras ediciones de esta revista.

DEFINICION DE INNOVACION TECNOLOGICA EN LA CONSTRUCCION

Es conveniente empezar definiendo a qué nos referimos cuando hablamos de tecnología, innovación tecnológica en la construcción, y otros términos que se mencionarán con frecuencia en este artículo. Quisiéramos enfatizar, además, que estos términos deberán ser interiorizados por el profesional para asegurar la exitosa incorporación de nuevas tecnologías en su empresa. *Tecnología de Construcción* es la combinación de los métodos constructivos, los materiales y equipos, el personal, los procesos constructivos, y las diferentes interrelaciones que definen la manera como se realiza una determinada operación en la construcción¹. Innovación se define como la primera vez que se usa una tecnología dentro de una empresa constructora². Adicionalmente, también se puede definir innovación como el proceso de búsqueda, reconocimiento, e implementación de una nueva tecnología para mejorar la eficiencia de las funciones de una determinada empresa³. Por lo tanto, debemos tener claro que la definición de innovación que utilizaremos en este artículo puede diferir con la definición que se asigna a este término en otras industrias. Por otra parte, el profesional deberá tener claro que aquellos hitos que puedan ser considerados como innovación en una empresa, pueden perfectamente no ser considerados como tal en otra, básicamente debido a que el desarrollo tecnológico de ambas puede haber alcanzado niveles completamente distintos. Siendo consecuente con las definiciones anteriores, una *invención* deberá ser considerada como el proceso mediante el cual una idea innovadora es descubierta o creada¹. *Procesos Innovadores*, son aquellos procesos que generan una mejoría en la eficiencia de un determinado procesos constructivos mediante la reducción de costos, tiempos de construcción, y/o mejora en la calidad del producto terminado. A su vez, *reingeniería de procesos* es el procedimiento mediante el cual repensamos nuestros procesos constructivos⁴ de modo de pasar de una situación en donde priman los sistemas constructivos tradicionales, a la utilización de procesos innovadores.

NECESIDADES DE INNOVACION TECNOLOGICA: SECTOR CONSTRUCCION vs. OTROS SECTORES PRODUCTIVOS

En otras industrias, así como la industria manufacturera por ejemplo, los conceptos de gestión han tenido un gran auge, debido al efecto que estas han tenido en la reducción de costos, reducción

substantial en esfuerzo humano, y una importante reducción en los plazos para desarrollar un nuevo producto. Adicionalmente, estos conceptos han puesto un fuerte énfasis en la mejora de la calidad de los productos. Por lo tanto, en la actualidad se han puesto muy en boga filosofías como: Calidad Total, Justo a Tiempo, Mejoramiento Continuo, "Lean Production", etc. Pese a que en la industria de la construcción también se ha hecho necesario mirar a estos conceptos, todavía no se ha alcanzado el nivel de desarrollo de otras industrias. En la actualidad, la construcción presenta un estado incipiente en la aplicación de nuevos conceptos de gestión de producción y son escasos los intentos de implementación⁵.

Sin embargo, en el caso de la construcción existe una oportunidad en el área tecnológica que la diferencia de las demás industrias. La construcción presenta un retraso considerablemente más marcado en el área tecnológica que otros sectores productivos. En el ámbito de la construcción la propagación de nuevas tecnologías ha sido tradicionalmente un proceso muy lento y limitado cuyo resultado es que en la actualidad, en Chile, esta actividad es de baja sofisticación y muy dependiente de la mano de obra. Por lo tanto, *la introducción de nuevas tecnologías en la industria de la construcción tiene un impacto significativamente mayoral que se puede esperar en otros sectores productivos*. Esto genera una excelente oportunidad de negocio para el *empresario de la construcción con visión*, además de convertirse en muchos casos en la única herramienta para poder sobrevivir en un mercado cada vez más competitivo.

Tabla 1. Sector Construcción vs. Otros Sectores Industriales.

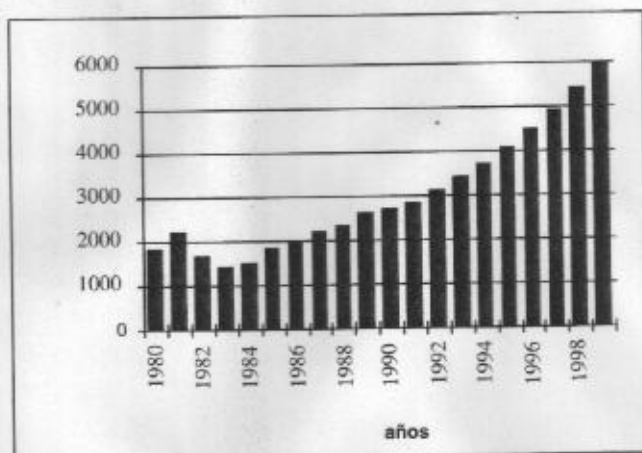
GESTION	Construcción < Otras Industrias
TECNOLOGIA	Construcción <<< Otras Industrias

CONDICIONES QUE FAVORECEN LA UTILIZACION DE TECNOLOGIAS INNOVADORAS EN CHILE HOY

El contexto socio económico que atraviesa Chile en la actualidad presenta diversas condiciones favorables para el desarrollo, adaptación e introducción de tecnologías innovadoras en el sector de la construcción. Chile está atravesando un periodo de crecimiento sostenido, el que se ha manifestado claramente en la construcción. Adicionalmente, se puede apreciar que la industria de la construcción en Chile enfrenta nuevos desafíos entre los que figuran, el incremento de la competitividad a través de la apertura de mercados internacionales, el incremento en la complejidad de los proyectos, mayores exigencias en la calidad, y la demanda por reducir los plazos de ejecución en los proyectos⁶. La existencia en otros países de tecnología de construcción más avanzada que la que se utiliza en la actualidad en la mayoría de los proyectos locales, entre otros, han creado un clima adecuado para la introducción de tecnologías innovadoras en la industria de la construcción. A continuación se analiza en más detalle las condiciones que favorecen la innovación en la construcción.

Mercado de la Construcción en Chile

La existencia de un *mercado estable* es una condición altamente deseada para la innovación tecnológica. El hecho de contar con una estabilidad del mercado en la construcción, y que esto se prevea como duradero a través de un cierto periodo de tiempo, genera condiciones favorables para la incorporación de innovaciones tecnológicas. Este tipo de escenario brinda las condiciones para poder amortizar la inversión inicial en equipo, capacitación, u otros. La década de los ochentas, y los noventas hace prever que la condición de desarrollo y crecimiento sostenido puede ser proyectada con un coeficiente de seguridad aceptable a los siguientes años, así como se puede apreciar en la Figura 1.



*Fig. 1 - Inversión en Construcción en MMUS\$ vs Tiempo.
Dato: Cuentas Nacionales Banco Central.*

Adicionalmente, existe un gran déficit tanto en los subsectores de obras civiles así como en el área de edificación habitacional. En el caso de obras civiles se ha aseverado⁷ que para no frenar al país, debe tomarse como desafío alcanzar en la próximas décadas al menos una inversión de 50.000 millones de dólares en infraestructura básica. En el sector habitacional, se ha reportado que durante 1994 existía un déficit de 888.681, las cuales correspondían a 611.000 familias sin viviendas o allegadas y 276.000 para reponer unidades demasiado precarias o deterioradas⁸. En este sentido el gobierno ha asumido una fuerte iniciativa para combatir el déficit habitacional, logrando que se construyan aproximadamente 100.000 viviendas por año. Tanto en el caso de obras civiles así como habitacionales existe un gran mercado que debiera ser considerado por los empresarios de la construcción como un gran reto para poder mejorar la eficiencia de la construcción reduciendo los costos así como los tiempos de construcción para beneficio del país. La introducción de innovaciones tecnológicas es una fuente a la que no se puede dejar de recurrir para el cumplimiento de las necesidades de Chile.

Las mismas condiciones descritas anteriormente elevan la *competitividad del mercado*, al ofrecer condiciones relativamente estables, y adecuados márgenes de ganancia. Sin embargo, el aumento de la competitividad tanto a nivel local, así como, por la llegada de empresas internacionales, está reduciendo los márgenes de ganancia. El incremento en la competitividad también está impulsando a las empresas constructoras a buscar nuevas fuentes para la mejora de la competitividad de las mismas. Muchas ya han optado por modernizarse tecnológicamente, con excelentes resultados.

Potencial de Innovación Tecnológica

Para que una innovación tecnológica se produzca, es obviamente necesario que exista dicha tecnología. En el caso de la construcción en nuestro medio, este punto no es un problema mayor. La industria de la construcción en Chile, así como en muchos otros países, se caracteriza por su bajo nivel tecnológico. Estudios conducidos por el Servicio de Productividad y Gestión del DICTUC indican, luego de estudiar las edificaciones desde hace 20 años, que se puede apreciar que tanto los sistemas constructivos así como los materiales empleados son prácticamente los mismos que los utilizados en la actualidad⁶. A diferencia de otras industrias, la asimilación de los desarrollos tecnológicos en la construcción es un proceso bastante más lento. Pese a que este es un defecto de nuestra industria, el empresario con

visión 'podrá imaginarse que la baja utilización de tecnología de punta puede convertirse en una gran oportunidad. Existen una *gran cantidad de fuentes de innovación tecnológica para las empresas constructoras*, disponibles en el mercado, y que generalmente no implican cambios significativos en los procesos constructivos que se emplean en la actualidad. A diferencia de otras industrias, en donde las nuevas tecnologías son asimiladas con mayor facilidad y por ende es más complicado encontrar innovaciones tecnológicas que puedan generar un margen competitivo, en la construcción se puede encontrar en la actualidad un sinnúmero de oportunidades para que las empresas puedan diferenciarse rápidamente de la competencia mediante la incorporación de nuevas tecnologías.

Mano de Obra

La mano de obra en la construcción es un problema creciente en nuestros días. Esta es generalmente poco capacitada, además de ser cada día más escasa debido al crecimiento de la construcción en los últimos años. Incluso, en momentos en que se incremento esta actividad, se ha alcanzado casi pleno empleo, por lo que se aprecia una menor disponibilidad de mano de obra calificada⁶. Ante esto, sólo nos queda buscar fórmulas para lograr aprovechar en forma óptima los recursos existentes. Es decir, construir más con la misma cantidad de recursos. Quizás está demás decir que la innovación tecnológica es una importante fuente para incrementar la productividad con los mismos recursos. Las condiciones actuales de la mano de obra en Chile ofrecen las condiciones adecuadas para un mayor desarrollo tecnológico en nuestro sector.

Capitales

Es difícil que se produzcan innovaciones tecnológicas si es que no se cuentan con capitales para invertir en los costos iniciales que necesitan para implementar los mismos. En la actualidad Chile cuenta con inversionistas tanto locales como extranjeras, por lo que el financiamiento de proyectos de innovación tecnológica debidamente fundamentados no debería causar problemas. Nuevamente, la estabilidad y el desarrollo económico de Chile permiten que estos capitales puedan ser invertidos por las propias empresas o por inversionistas, del mismo modo como se invierte en cualquier otro proyecto de desarrollo.

NUEVAS OPORTUNIDADES EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION EN CHILE

Existen diversas condiciones actualmente en Chile, con respecto a la captación de tecnologías innovadoras, que han abierto una serie de nuevas oportunidades. La apertura de mercados y el creciente desarrollo de las comunicaciones permiten un mucho mayor y más rápido acceso a la tecnología. Por otra parte, el nivel de investigación y desarrollo que se ha alcanzado en las Universidades e Institutos Privados en Chile en los últimos años es significativo. En muchas áreas de investigación, el desarrollo local es comparable (y en algunos casos incluso mayor) al desarrollo obtenido en países desarrollados. Por lo tanto el empresario innovador tiene en la actualidad diversas fuentes para ubicar oportunidades de negocio a través de la innovación tecnológica. Weissbluth et al., en su libro *Creación de Pequeñas Empresas Innovadoras*⁹, definen la innovación tecnológica como una *búsqueda sistemática y creativa de oportunidades de negocios*. Así es que el enfoque que se le debe dar a la innovación va más allá del enfoque puramente tecnológico, ya que el efecto de ésta redundará en oportunidades de negocio para la empresa. A continuación se discuten dos alternativas mediante las cuales se pueden ubicar las oportunidades de la incorporación de innovaciones tecnológicas en la construcción.

Oportunidades Basadas en Tecnologías Existentes: Captación y Adaptación de Tecnologías Innovadoras

El mecanismo más sencillo de innovación tecnológica es *la adopción de tecnologías ya existentes*, las que han sido desarrolladas en otros países (*transferencia internacional*) por investigadores, por fabricantes de productos o equipos, o bien que están siendo utilizadas en la actualidad por las empresas de la competencia (*transferencia vertical*). Los fabricantes y/ o distribuidores de equipo de construcción, por ejemplo, realizan un gran esfuerzo en el desarrollo y mejoramiento tecnológico, y promoción de sus productos. Muchas de las empresas constructoras no han profundizado en el tema, y pese a que existen diferentes mecanismos de diseminación de la tecnología innovadora, la utilización de estas innovaciones parece no interesarles aún cuando esto les podría generar una mayor competitividad, o incrementos en los márgenes de ganancias de la empresa. Probablemente la *fente más importante de información* de tecnologías es la Universidad, ya que los académicos por lo general se encuentran en constante contacto con el medio de la construcción a nivel nacional e internacional, por lo que se ven expuestos a los desarrollos innovadores de un gran número de empresas. Esto no está necesariamente relacionado a la investigación, la que se discute en la siguiente sección.

Otro mecanismo para la introducción de tecnologías innovadoras es el de *modificar y adaptar tecnologías existentes* en aplicaciones que no sean las convencionales (*transferencia tecnológica horizontal*). Para esto las industrias distintas a la construcción, aunque generalmente afines a esta, se presentan como buenas fuentes de tecnologías innovadoras. Ejemplos de este concepto son la minería, e incluso, la industria manufacturera. Muchas veces dentro de nuestros propios proyectos, se puede utilizar materiales convencionales en aplicaciones no convencionales, de manera que se logre una mejoría en la productividad o reducción de costos. El profesional deberá tener, por lo general, una mentalidad *permeable a cambios y mejoramientos continuos*, ya que ciertos materiales y técnicas que fueron los más eficientes en un determinado momento, pueden no ser tan eficientes en la actualidad. El ejemplo clásico de esto son los cambios en costos de construcción relacionados al incremento en el costo de mano de obra. Lo que hace que ciertas herramientas o métodos que reduzcan la intensidad de utilización de mano de obra, comiencen a ser más atractivas bajo determinadas circunstancias.

Oportunidades Basadas en la Investigación

La Universidad juega un rol altamente importante en el desarrollo de un país. Aunque este concepto está tomando una creciente importancia en nuestro medio, y aunque esto es de conocimiento general en los países desarrollados, existe actualmente en algunos sectores en Chile un desconocimiento del potencial que ofrecen las Universidades en las áreas de investigación y desarrollo, así como la posibilidad de convertirse en *incubadoras de empresas innovadoras*⁹. La Universidad ofrece, primero, la oportunidad de encontrar el estado del arte en la información necesaria para cada tema. La Universidad posee una gran fuente de publicaciones nacionales e internacionales, en la forma de revistas (Journals), tesis, libros, etc. Adicionalmente, la comunicación a través de sistemas de computadoras (como Internet) facilita la ubicación no sólo de las publicaciones, pero también de las personas que condujeron la investigación y que escribieron dichos artículos. Por lo tanto, se puede decir sin temor a equivocarse que, la tecnología de punta está sobre nuestro escritorio debido a la facilidad que existe actualmente para acceder a dicha tecnología.

Adicionalmente, la Universidad ofrece la posibilidad de conducir investigación para adaptar tecnologías que han sido desarrolladas en otros países o en otros sectores de la industria. Probablemente, el más conocido de los trabajos que realiza la Universidad es la investigación. Sin embargo, cuando hablamos de investigación es frecuente asumir que se trata de desarrollos tecnológicos que tienen poco que ver con los problemas que queremos resolver en la práctica. Aunque esto es posible en algunos casos, más bien la mayoría de los proyectos de investigación financiados por el sector privado, y gran parte de los proyectos financiados por el estado, tienen relación directa con problemas relevantes de la industria de la construcción actual. De hecho, es mucho más barato, sencillo, y rápido desarrollar innovaciones en la

Universidad debido a que se trabaja directamente con los expertos en cada área, la mano de obra de los estudiantes envueltos en el proyecto es más baja (considerando el costo/calidad de la misma), y finalmente existen una serie de incentivos económicos provenientes del estado para que las empresas emprendan investigación en la Universidad. En la tabla 2 se listan algunas de las formas más importantes que existen para vincular a la Empresa Constructora con la Universidad⁹:

Tabla 2. Posibilidades para establecer Vínculos entre la Empresa Constructoras y la Universidad

- Incubadoras de Empresas Innovadoras
- Contratos de Investigación y Desarrollo
- Sabático de los Profesores en las Empresas
- Estancias de Profesionales en la Universidad
- Instalaciones Compartidas o Coadministradas
- Parques Tecnológicos
- Comités y directorios conjuntos
- Asesorías especializadas
- Etc.

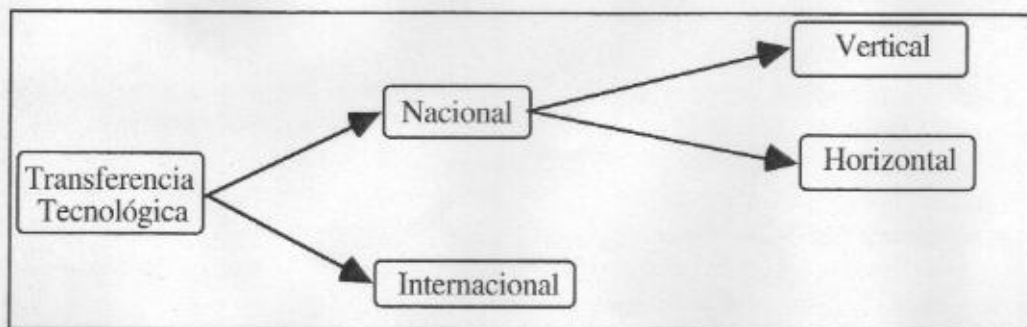


Fig. 2 - Posibles Fuentes de Transferencia Tecnológica.

FACTORES QUE FAVORECEN LA INTRODUCCION DE INNOVACIONES TECNOLOGICAS

Factores y Oportunidades

Se deberá considerar durante el proceso de selección y evaluación de cierta innovación tecnológica, que ésta no será necesariamente recomendable en todos los casos. La aplicación de productos o técnicas innovadoras implica un riesgo inherente al hecho que aquellas no han sido utilizadas previamente por la empresa constructora. Existen diversas ocasiones en donde podría ser más conveniente aplicar técnicas constructivas o productos que no representan el estado del arte en un determinado momento (el costo de la mano de obra podría ser extremadamente baja en un algún caso, por ejemplo). Las innovaciones, pese a que pueden ser muy prometedoras, tienen siempre una probabilidad (por pequeña que sea) de fracasar en la práctica. Por lo tanto, fuera de estudiar la innovación tecnológica propuesta así como el

efecto que tendrá ésta en el resto de la operaciones, es de vital importancia evaluar si los beneficios de aplicar técnicas innovadoras son suficientes para cubrir los riesgos que ésta representa. Por cierto, cada empresa tenderá a evaluar si es que está dispuesta a incorporar dichas innovaciones, dependiendo de su capacidad de asumir riesgos. Por otra parte, generalmente las innovaciones con mayor riesgo envuelto tenderán a generar mayores ganancias para la empresa. A continuación se discuten circunstancias en las que es especialmente favorable incorporar innovaciones tecnológicas. Nótese que los dos primeros están relacionados a factores que fuerzan a las empresas constructoras a que adopten la innovaciones, mientras que las dos últimas están más fuertemente ligadas a la visión que los empresarios puedan tener para ubicar y captar oportunidades que ofrece la innovación.

- **Innovación Tecnológica Relacionada a un requerimiento Técnico:** Existen circunstancias en las que se requiere necesariamente desarrollar una tecnología innovadora que reemplace a los sistemas constructivos convencionales, debido a que las leyes del estado o las condiciones físicas de construcción así lo exigen. El primer caso es típico de las nuevas reglamentaciones relacionadas a la protección del medio ambiente. Las regulaciones en este sentido son cada vez más restrictivas, y por lo tanto son de alguna manera una fuente de búsqueda de nuevas tecnologías. La construcción de proyectos completamente atípicos, generalmente, también plantea en mayor o menor grado el reto de la innovación al diseñador/ constructor. En este último caso, sólo podrán participar en dichos proyectos las empresas constructoras que tengan la capacidad tecnológica para acondicionarse a las condiciones especificadas del proyecto. Por lo tanto la capacidad de innovar creará un *margen competitivo* alto para la empresa, lo que probablemente le permitirá elevar los excedentes provenientes de la construcción del proyecto.

- **Innovación Tecnológica Relacionada a la Demanda Competitiva del Mercado:** En el caso que una determinada empresa constructora logre un margen competitivo apreciable debido al desarrollo de un método constructivo que deje detrás al resto de la competencia, o en el caso que una empresa logre ganar gran parte de un mercado debido a su constante innovación tecnológica, se generará gran atención del resto de las empresas constructoras para aprovechar la ventaja tecnológica que posee dicha empresa. Por lo tanto, el resto de las empresas pondrán un esfuerzo particular en desarrollar tecnologías similares a la de la empresa con tecnología de punta para poder tener el mismo (o mayor) nivel de competitividad. Esta es una de las razones por las que las *empresas innovadoras* deben generar productos y técnicas novedosas de manera continua para poder mantenerse en el liderazgo.

- **Innovación Tecnológica Relacionada a Una Reducción de Costos y/o Tiempos de Construcción:** Probablemente el caso más frecuente que impulsa la innovación tecnológica en la construcción es la reducción de tiempos y costos. Pese a que la innovación no es necesariamente requerida, el empresario con buena *visión de oportunidad empresarial*, determinará que dicha innovación generará una ventaja con respecto a su competencia. Este beneficio de la innovación está íntimamente relacionado con una *mayor competitividad* de las empresas. Como ya se ha mencionado, los mercados son cada vez más disputados, lo que hace que los márgenes de ganancia de las empresas que puedan subsistir a la competencia sean paulatinamente más reducidos. Ahora, adicionalmente a la competencia local aparece la competencia internacional, lo cual se vaticina va a ser incluso más grave con la incorporación de Chile al Nafta y a otros acuerdos internacionales. Pese a que algunas empresas constructoras están profundamente comprometidas en mejorar sus métodos constructivos a través de una continua búsqueda de métodos que les representen ahorros tanto en costos directos así como en costos relacionados con la reducción de tiempos de construcción, muchas otras parecen estar esperando que las mejoras en sus empresas aparezcan por sí solas, como si las innovaciones tecnológicas se produjesen por "generación espontánea".

- **Innovación Tecnológica Relacionada a Una Mejora en la *Calidad y/o Reducción del Impacto al Medio Ambiente*:** El concepto de calidad está creciendo rápidamente en nuestro medio, aunque lamentablemente a otro ritmo que el alcanzado en otros países con un mayor grado de desarrollo. El propietario de edificaciones es cada vez más exigente acerca de las características del inmueble que piensa comprar. Adicionalmente, la creciente competencia ofrece al comprador una extensa gama de posibilidades que le permite apreciar y escoger la calidad de construcción que más le parezca. Por lo tanto, el constructor no tiene demasiadas alternativas, más que adaptarse a los tiempos modernos, ofreciendo calidades constructivas más altas. Es probable que en muy poco tiempo aquellas empresas que no ofrezcan altas calidades de construcción irán quedando rezagadas hasta finalmente desaparecer. La velocidad en que esta situación se produzca, finalmente, depende básicamente de cómo se desarrolle el nivel de competencia en los próximos años. De manera similar, las empresas que mediante sus innovaciones tecnológicas ofrezcan una reducción en el impacto al medio ambiente que éstas produzcan, tanto durante la construcción de la edificación así como durante la utilización del inmueble, irán lentamente abarcando la mayor parte del mercado. Un ejemplo claro de este punto es la búsqueda de la innovación tecnológica que resuelva total o parcialmente el problema del desperdicio de energía. Aquella empresa que genere un sistema constructivo que ofrezca un ahorro substancial de energía mediante una reducción en la cantidad necesaria de calefacción, podría entonces poseer una herramienta muy poderosa para que dicha empresa tome el liderazgo en la construcción de viviendas en Chile. Nuevamente, la innovación tecnológica se traduce en una oportunidad para lograr *mayor competitividad* en la construcción.

Clima de Innovación dentro de la Empresa

La mayor parte de las innovaciones tecnológicas provienen desde adentro de la empresa. Adicionalmente, cuando se ubica y se trata de introducir una innovación, la adecuada adaptación de la tecnología dependerá en gran parte de los empleados de la empresa. Por lo tanto, desde todo punto de vista es necesario favorecer un clima que impulse el desarrollo y asimilación de tecnologías innovadoras. Si la gerencia de la empresa se encasilla en la utilización exclusiva de métodos constructivos altamente probados, ello cohibirá a los empleados para desarrollar y utilizar tecnologías innovadoras. Por otra parte, gerentes que utilizan y promueven el uso de técnicas y productos innovadores crearán un clima de mejora constante.

Para ello es necesario estar comprometido con el mejoramiento, dedicar los recursos necesarios para promover la innovación, promover autonomía de los empleados, y sobre todo tolerar los posibles errores que se puedan cometer¹.

- ***Compromiso con el Mejoramiento Sostenido*:** La participación de todos los integrantes de la empresa en el esfuerzo de la innovación tecnológica es fundamental. Para que la innovación se desarrolle y adapte a las características del país y de la empresa, y finalmente sea aplicada exitosamente, se requiere de un compromiso y entendimiento de lo que se pretende lograr con la innovación tecnológica. Es común encontrar profesionales de la construcción que no creen en el desarrollo tecnológico. En empresas en las que se encuentran estas situaciones, es muy poco probable que se pueda incorporar efectivamente mejoramientos tecnológicos.

Pese a que es necesario que todos los trabajadores de la empresa estén comprometidos con el cambio y la mejoría, *es fundamental que la plana gerencial lo esté*. Ellos serán los motores propulsores del cambio. Si estos fallasen en el afán de innovación, el fracaso de esta iniciativa está prácticamente garantizado. Sin embargo, este compromiso con la innovación se ve frenado por muchos factores que son bastante frecuentes de encontrar en las empresas constructoras. El empresario de la construcción deberá convencerse que pequeñas inversiones en mejoramiento tecnológico en el presente, producirán

ganancias en el futuro. En este sentido se deberá perder en cierto modo la visión corto placista, tan común en nuestro medio. En la experiencia de los autores del libro, es también frecuente encontrarse con empresas que han avanzado significativamente en algún desarrollo tecnológico, y que opinan que "ya hemos avanzado tan lejos como podemos avanzar". Esto no es cierto en la mayoría de los casos, y generalmente este sentimiento va de la mano con que los procesos de desarrollo parecen interminables para el profesional de la construcción que no está acostumbrado a llevar a cabo este tipo de desarrollo. Existen casos en los que se han invertido sumas considerables de dinero en investigación y desarrollo de un producto específico, para luego ser detenidos muy cerca a la aplicación real de las innovaciones desarrolladas. Generalmente, en estos casos otras empresas son las que finalmente se benefician del esfuerzo de la empresa innovadora. Este es un error táctico que se debe evitar. Otro punto de suma importancia es el hecho de erradicar el concepto de: "esto no ha sido desarrollado por nosotros, por lo tanto no lo podemos usar". Tatum¹ plantea este punto de manera muy interesante, y recomienda que se aplique un esfuerzo importante en adoptar tecnologías innovadoras que estén siendo empleadas por otras empresas tanto en el medio local, así como internacionalmente.

- **Asignación de Recursos:** El profesional de la construcción deberá considerar que la innovación tecnológica tiene, en prácticamente todos los casos, un costo inicial. Este costo inicial, sin embargo, se ve completamente cubierto muy poco tiempo después, debido a la mayor eficiencia de los nuevos procesos o productos. Por lo tanto, *el profesional comprometido con el cambio tiene que tener claro que deberá asignar ciertos recursos para el mejoramiento tecnológico de su empresa.* Generalmente la mejor inversión, en cuanto a innovación tecnológica se refiere, es invertir en personal altamente capacitado. Esto se cumple desde los profesionales hasta los capataces y personal de obra en general. Aunque esto implique mayores costos a primera vista, generalmente estos costos adicionales se pagan rápidamente a través de una mayor productividad, y la generación continua de mejoras en los sistemas constructivos. Existen empresas constructoras en Chile que han invertido en capacitación de su personal, y en fomentar la proposición de ideas innovadoras a través de diferentes mecanismos¹⁰, con resultados excelentes.

- **Promover Autonomía:** Para generar innovaciones tecnológicas es recomendable promover que los empleados de la empresa gocen de cierto grado de autonomía. Si la gerencia proyecta una marcada rigidez en su administración, esto cohibirá buenas ideas, y posibles desarrollos debido al temor a probar alguna tecnología novedosa que pueda fracasar. La empresa deberá, por lo tanto, dejar cierto grado de libertad para tratar y Experimentar con nuevas ideas dentro del proyecto.

- **Tolerar Posibles Errores:** La introducción de innovaciones tecnológicas, como cualquier otra inversión, tiene posibilidades de no concretarse en la práctica. La empresa innovadora deberá estar dispuesta a ver que algunos de los cambios tecnológicos no funcionen. En estos casos, los promotores de la innovación no deberán ser reprendidos, ya que esto cortaría toda posibilidad futura de desarrollo.

Factores Relacionados a los Mandantes

Uno de los factores que se suelen obviar en el estudio de los factores que afectan la introducción de innovaciones tecnológicas son los mandantes, a los cuales nos referimos en esta sección. Quisiéramos dividir los mandantes en dos grandes grupos: los privados y los estatales. En el caso del estado, existen diversos mecanismos para promover que se utilicen tecnologías de punta, y que se mejore el nivel de competitividad local. De alguna manera, el estado debería sentirse comprometido a apoyar e incentivar el desarrollo de nuevas tecnologías a través de subsidios, créditos blandos, seguros, y principalmente mediante una adecuada legislación que incentive efectivamente la innovación en la construcción. Los mandantes privados, por otro lado, por lo general incorporan al equipo de construcción en el proyecto

una vez que el diseño ya está listo. A través de una serie de entrevistas a empresarios de la construcción¹¹ se ha determinado que los mandantes en muchos casos desconfían del sector de la construcción, y comúnmente perciben la innovación como un riesgo, más que como una oportunidad.

Finalmente, es importante mencionar que tanto los mandantes privados como estatales adjudican la propuesta basándose casi únicamente en el criterio de costo más bajo. Por lo tanto, se excluyen las características de calidad, productividad, impactos varios, etc. Sin embargo, es necesario admitir que existe en la actualidad una tendencia positiva hacia considerar otros factores además del precio en la evaluación de propuestas.

Se puede concluir, entonces, que existen factores que se deben de incentivar a nivel de mandante, y que es labor del gobierno apoyar esta situación. Dentro de las condiciones que fomentarían la innovación, se pueden citar las siguientes:

- Incorporar la construcción en el diseño
- Incorporar criterios modernos para la evaluación de ofertas.
- Considerar la calidad y la funcionalidad como factores de evaluación además de los costos.

Los autores del artículo consideran que la relación entre el mandante, empresa constructora, y la universidad (trilogía *para la innovación*) sea investigada, debido al efecto que esta vinculación pueda tener en la transferencia e incorporación de innovaciones tecnológicas en nuestro medio.

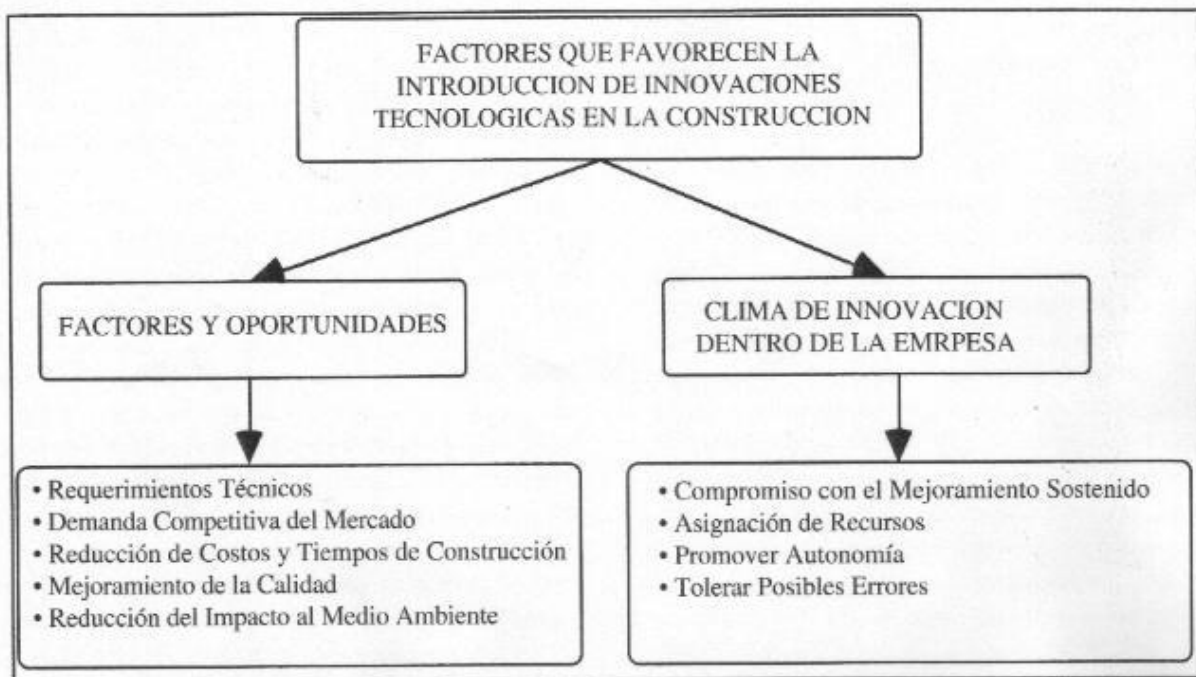


Fig. 3 - Resumen de los Factores que Favorecen la Introducción de Innovaciones Tecnológicas.

RELACION DE LA INNOVACION TECNOLOGICA CON LOS OTROS COMPONENTES DEL PROYECTO DE CONSTRUCCION

Es posible encontrar casos de intentos frustrados de innovación tecnológica en la construcción, en donde el profesional se queja del hecho de que la nueva tecnología no coincide con el resto de las operaciones del proyecto. Aunque se podría considerar esto como uno de los frenos de la innovación tecnológica en la construcción, este es más bien un argumento que aunque frecuentemente utilizado, no refleja la realidad. Sin embargo, es preciso que el profesional que va a introducir innovaciones

tecnológicas en su proyecto debe tener absolutamente claro que el cambio va a influir en otras operaciones directa o indirectamente relacionadas a la innovación. Para ilustrar este punto, presentamos a continuación dos ejemplos bastante simples, pero que ayudarán a comprender la idea.

(i) Hormigón fluido: digamos que un profesional decide utilizar un hormigón fluido o superfluido para facilitar sus operaciones de vibrado en muros y losas, y así acelerar sus operaciones en comparación con los tiempos que le toma el hormigonado con hormigones convencionales. En este caso, todo el proceso no será de utilidad si es que los moldajes no son lo suficientemente estancos como para evitar que la pasta de cemento del hormigón no se filtre y así dañe la calidad del material endurecido. Está demás decir, que para el hormigón convencional de 2 - 6 cms de cono, este no era un problema significativo. Adicionalmente, para lograr el nivel de fluidez adecuado probablemente se deba utilizar niveles altos de plastificantes, por lo que es posible que se tenga el problema de retardo de fragua y por lo tanto se podrá afectar el ritmo de descimbre. La innovación del hormigón fluido, se podrá convertir en un dolor de cabeza en lugar de una ventaja para el profesional si es que no se consideran los efectos que tiene esta decisión en los procesos relacionados a la faena de hormigonado.

(ii) Retiro temprano de puntales: un profesional decide reducir el tiempo de colocación de los puntales bajo las losas de hormigón, mediante el incremento de resistencia inicial del hormigón. Pese a que se logran las resistencia especificadas en el hormigón, y estructuralmente la losas funcionan como han sido diseñadas, se detecta que la deflexión de las losas es alta. En este caso la ventaja que se logra al eliminar los puntales al cabo de solo unos días, y así disponer del espacio para empezar con las terminaciones y sobrelosas, se ve reducida o eliminada por el volumen de empastado de cielo que se requerirá para que la losa luzca completamente horizontal. El no haber considerado el efecto de la nueva tecnología en los procesos relacionados hace que los costos en materiales y procesos indirectamente relacionados con la innovación, sean más altos.

Para terminar, los autores quieren hacer hincapié en que el profesional de **obra** deberá considerar la innovación tecnológica, no sólo como un hito independiente dentro del proyecto, sino como un componente de los procesos que estén relacionados a la innovación. Adicionalmente, deberá considerar que quizás sea necesario entrenar a los obreros en la ejecución del proceso con la nueva tecnología. Generalmente, este **tipo** de precauciones no conlleva un gasto elevado, y pueden libramos de serios problemas constructivos.

LAS ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO A LA INNOVACION TECNOLOGICA Y OTROS APOYOS DISPONIBLES EN CHILE

Es cierto que generalmente las innovaciones tecnológicas conllevan una inversión inicial, que podrá ser grande o pequeña, dependiendo del tipo de innovación que se incorpore en la empresa. En algunos casos, por ejemplo, bastará con consultar con un proveedor de equipos, mientras que en otros casos será necesario instalar una planta de prefabricados. Ambas innovaciones requieren de un gasto inicial, aunque como se podrá imaginar el lector, este gasto depende principalmente del, tipo de innovación. Como ya se ha mencionado, la innovación tecnológica es especialmente atractiva en la industria de la construcción debido al atraso tecnológico que se puede observar en gran parte de esta industria. Por lo tanto, existe un gran campo para la innovación. Lo que es más atractivo, es que gran parte de estas innovaciones requieren de gastos iniciales muy bajos y en algunos casos despreciables. Adicionalmente, para que una innovación sea realmente aplicable a un proyecto, ésta deberá demostrar necesariamente ventajas económicas sobre los métodos convencionales.

Independientemente a que la innovación vaya a generar beneficios futuros, es posible que la empresa no esté, completamente dispuesta a invertir en ese gasto inicial por ser quizás muy conservadora, o por

tener ciertas dudas acerca de la funcionalidad de la innovación. Para estas empresas, así como para las empresas que están efectivamente dispuestas a correr el riesgo, existen *diversos mecanismos estatales de fomento* que apoyan la iniciativa innovadora ofreciendo recursos que podrán ser utilizados como el capital inicial para desarrollar, adaptar y probar la innovación tecnológica dentro de la empresa, financiamiento para capacitación laboral, gestión empresarial moderna y comercialización interna y externa de productos. Este tema ha sido tratado a mayor profundidad y a nivel empresarial en general por el "Manual para la Creación de Pequeñas Empresas Innovadoras" ⁹. Sin embargo, a continuación se resumen algunos de los mecanismos que se aplican directamente a la innovación tecnológica dentro del sector de la construcción.

Como instrumento de capacitación laboral se puede citar a las franquicias tributarias ofrecidas por el SENCE para apoyar la capacitación tanto de la plana profesional, así como de los trabajadores de la empresa. En cuanto a la promoción de proyectos de innovación tecnológica se encuentra en plena operación el Fondo de Desarrollo Tecnológico y Productivo, FONTEC, organismo dependiente de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). El financiamiento consiste en subsidios y créditos a tasas preferenciales otorgadas contra aprobación de un proyecto presentado por la empresa en que se desarrollará la innovación tecnológica. Este tipo de fondos considera el financiamiento de¹²: (i) Proyectos de Innovación Tecnológica, en lo que se refiere a diseño de nuevos productos o servicios, diseño de nuevos procesos productivos o administrativos que incrementen la calidad y productividad de la empresa, y mejoramiento de la calidad de los productos existentes. (ii) Proyectos de Infraestructura Tecnológica, para empresas que quieran hacer inversiones en infraestructura física, instalaciones y equipamiento científico y tecnológico, así como entrenamiento técnico de los recursos humanos asociados a esta tecnología; (iii) Proyectos de Investigación y Desarrollo y de Servicios Científicos y Tecnológicos, lo que cubre una amplia gama de actividades que van desde investigación y desarrollo de diseño, productos, equipos, etc., hasta servicios de capacitación, información y asistencia tecnológica. Antes de invertir en cualquier innovación tecnológica en la industria de la construcción, se debería repasar las posibles fuentes de financiamiento que ofrece este mecanismo.

Finalmente se recomienda utilizar los mecanismos de investigación en universidades y centros de investigación a través de las franquicias tributarias asociadas a las donaciones para investigación. De este modo, las empresas podrán mantenerse en contacto con los últimos desarrollos tecnológicos de la construcción a un costo final realmente bajo.

CONCLUSION

Chile está atravesando por un periodo que brinda condiciones particularmente beneficiosas para la adaptación desarrollo, e incorporación de tecnologías innovadoras en el sector de la construcción. Diversos factores convergen en la actualidad para impulsar la modernización de nuestra industria, así como: creciente competitividad local y extranjera, bajo nivel tecnológico de la construcción y por lo tanto gran potencial de incorporación de tecnologías innovadoras a un costo relativamente bajo, mercado estable, mano de obra poco capacitada y cada vez más escasa, mayor facilidad para ubicar y adaptar nuevas tecnologías a través de los avances en las comunicaciones, altos niveles alcanzados por la investigación local, necesidad de reducir costos y tiempos de construcción, nuevas legislaciones ambientales, la existencia de fuentes de financiamiento para la innovación, entre otras. Debido a lo discutido en este artículo, se recomienda altamente que las empresas constructoras evalúen su nivel tecnológico actual y que analicen las posibilidades y beneficios de incorporar ciertos avances tecnológicos en sus sistemas constructivos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer al Grant para Investigadores Jóvenes DIUC N°94/09J, y a la Corporación de Investigación de la Construcción, por su apoyo para realizar la investigación, parte de la cual generó este artículo.

REFERENCIAS

1. Tatum, C. B., "Process of Innovation in Construction Firm," Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 113(4), 648-663.
2. "Construction R&D in a Research Program and Strategy to Foster Technology Advancement in the U.S. Construction Industry (1981)," Business Roundtable, New York, N.Y. U.S.A.
3. Laborde, M., and Sanvido, Y, "Introducing New Process Technologies into Construction Companies," Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol 120, N° 3, 1994.
4. Ghio, V. A., y 'nenoux, G., "Reingeniería de Procesos: Hacia una Mayor Eficiencia y Competitividad en la Construcción," Boletín de Información Tecnológica de la Cámara de la Construcción, Vol 1, N°2, Setiembre, 1994.
5. Venegas, P., y Alarcón, L. E., "Estrategias para el mejoramiento en la Industria de la Construcción," Proyecto FONDEF 1995, Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción, Trabajo en Preparación.
6. "Aumento de la Productividad y Menor Costo en la Construcción," CIMIN, Año IX/Noviembre de 1994/N° 54, Santiago Chile, pp. 10 - 13.
7. Carlos Hurtado, Ministro de O.P.P., Revista del Colegio de Ingenieros de Chile, Edición N° 131.
8. El Mercurio, Cuerpo F, Déficit Habitacional, Joan Mac Donald, Junio, 1994.
9. Waissbluth, M., Said, J., Freidman, E., y Leiva, A., "Creación de Pequeñas Empresas Innovadoras," Proyecto CHI/921007, Desarrollo e Innovación Tecnológicos, CINDA 1 PNUD, 1994.
10. De Solminihac, H., Edwards, L. G., y Bascuñán, R., "Mejoramiento Continuo en Administración y Tecnologías de la Construcción: Un Caso Práctico," Conferencia Internacional de Construcción sin Perdidas, Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 1994.
11. Bascuñán, R., "Innovaciones Tecnológicas en la Vivienda Social: Diagnóstico y Procedimientos," Tesis de Magister en Ciencias de Ingeniería Civil, Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile, Trabajo en Preparación.
12. Formulario FONTEC, 1995.