

REFLEXIONES

Vivienda Industrializada: una hipótesis de desarrollo

María Eugenia Pallarés T.
Marcelo Velenzuela V.

Las más recientes expresiones de la industrialización en los países desarrollados, como por ejemplo, la robótica, obliga a analizar el estado actual de la tecnología de construcción y su impacto en los sectores económico y social del país. La industrialización aportaría ciertas ventajas, además de permitir importantes economías de escala, que en un plan nacional de viviendas, suplirían un déficit para un grupo social que se encuentra bajo los niveles de demanda actual. Se propone aquí una visión macroeconómica para un tema recurrente.

GRADO DE INDUSTRIALIZACION, UN EUFEMISMO TECNICO

La construcción es una actividad económica que difiere de otros procesos productivos de la Industria manufacturera principalmente por la gran cantidad de materias primas que emplea y por los distintos valores agregados que incorpora para lograr el producto final. Otra consideración importante que caracteriza a la construcción es el hecho de que el producto final permanece en el lugar en que es ejecutado; esto induce a pensar que los intentos de industrialización de la construcción se limitan solamente al mayor o menor grado de elementos manufacturados en Industrias ajenas a la obra en ejecución y que son posteriormente incorporados a ella, y de este modo transfieren gran parte de los costos de producción de mayor control y eficiencia.

Si esto se analiza en un contexto tecnológico, se puede argumentar que el desarrollo de la actividad de la construcción va aparejado con el desarrollo de la Industria de elementos o materiales de construcción, de manera tal, que el mejoramiento de la relación calidad-costos, como indicador del uso eficiente de los recursos, es consecuencia directa del aumento de los procesos industriales incorporados a la obra, no obstante, que casi la totalidad de los elementos utilizados en la construcción cuentan con algún y a la vez diferente grado de industrialización, lo cual dificulta la determinación del valor agregado para cada uno de los ítems y por consiguiente el del proceso completo de la actividad constructora.

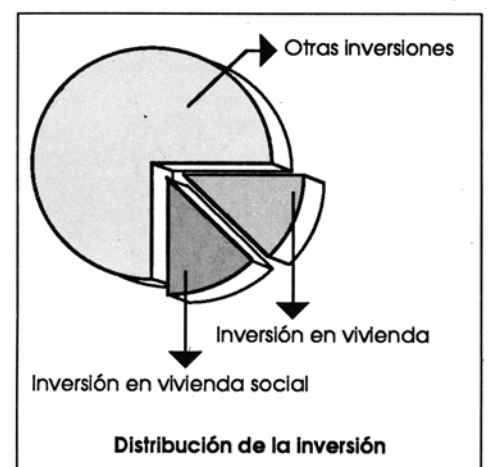
Esta dificultad persiste en la llamada "industrialización abierta", que es la expresión más avanzada de la industria de la construcción en nuestro medio, y que consiste en reemplazar el uso de elementos modulares de tamaño pequeño como son los ladrillos, revestimientos, puertas, ventanas, etc.; e incorporar elementos modulares completos como paneles, unidades sanitarias, sistemas de circulación, equipamientos, etc; provenientes de diferentes proveedores, lo cual permite definir la actividad en el campo de la preparación de las obras generales e infraestructura y montaje de las estructuras y terminaciones; aunque no es precisable cual es el grado o el aumento del porcentaje de trabajo en industria que es incorporado a la obra, debido a que no existe una unidad estandar que represente los distintos procesos. El grado de industrialización es un eufemismo técnico que no representa valor matemático utilizable en predicciones de

orden económico o de administración.

Desde el punto de vista empresarial, se puede contar con el beneficio de la información financiera proveniente de un menor número de procesos y un mayor control de los costos de materias primas y menor empleo de mano de obra, al haber sido transferida a la industria, permitiendo estimar con mayor exactitud los costos de producción ya que gran parte de los costos variables por imprevistos y gastos generales, pasan a ser costos fijos del proceso industrial.

Desde la perspectiva macroeconómica, los beneficios de aumentar la incidencia de los procesos industriales en la construcción de edificios en general, parte por lo que caracteriza a un país con mayor grado de desarrollo, es decir la estabilidad en el empleo. Este es el punto crítico de la industrialización de la actividad de construcción, ya que es preciso conocer cual es la composición de la mano de obra que trabaja en construcción, estimar que porcentaje de ella se absorbe por un incremento de las industrias del rubro y cual es la calificación y oferta de mano de obra disponible. El segundo aspecto relevante a nivel institucional es el que permite aprovechar las "economías de escala" generadoras en los procesos industriales, lo que representa una disminución en el costo de construcción en la medida que se aumente el grado de participación de la industria en la ejecución integral de la obra.

El "mercado", como asignador de recursos, direcciona los proyectos privados y los objetivos de las empresas en pro de sus beneficios. Sin embargo en una economía social, el Estado debe cautelar la distribución equitativa, sin interferir en la regulación y equilibrio del mercado, y una forma efectiva de este rol es el principio de subsidiariedad que posibilita en-



cauzar la energía de las iniciativas privadas hacia la solución de problemas críticos de nuestro nivel de desarrollo, como es el déficit habitacional.

DESARROLLO DE UNA HIPOTESIS ECONOMICA

Existe una gran cantidad de conceptos que están relacionados con el estado actual de la tecnología en un país en desarrollo, los cuales describen la dinámica del proceso. De estos, uno de los que más llama la atención es la "transferencia tecnológica" que se produce en el sector "construcción", debido a lo contradictorio que resulta la definición del estado actual de su nivel. Mientras por un lado existe un importante desarrollo en las industrias relacionadas con la construcción en el área química, maderera, sanitaria, etc.; al igual que en la aplicación de procesos altamente tecnificados en algunas etapas de la edificación, aún los indicadores generales del sector señalan las precarias condiciones en que éste se encuentra.

Si bien es cierto lo anteriormente señalado es un lugar común de toda la actividad industrial, la inercia de la industria de la construcción es tan grande que el variar un indicador cualquiera, como por ejemplo productividad, demandaría elevadas inversiones y plazos de amortización que la permanente situación crítica del sistema no podría soportar. Es por esta razón que todos los intentos de aumentar la industrialización de la construcción en Chile o han fracasado, o son conservadores intentos de mecanizar los mismos procesos, o racionalizar los proyectos con el fin que la continua repetición de procesos garanticen un menor grado de error y por consiguiente menores costos.

Por estas razones es válido suponer que un intento realista de aumento de grados de industrialización en la construcción, debe considerar y ponderar el estado actual de la actividad e imponer un incremento que sea tecnológica y financieramente asimilable, y aplicado a un segmento reconocible de la demanda a fin de evaluar en un proyecto específico cual es la inversión requerida y sus retornos estimados. Para que este proyecto tenga un impacto real en el desarrollo tecnológico del país, debe permitir un aumento de la demanda existente y además reemplazar una parte significativa de la oferta existente.

Si se estratifica la demanda por construcción, se pueden analizar los porcentajes históricos de metros cuadrados construidos en cada sector, así evaluar la incidencia de ellos en el

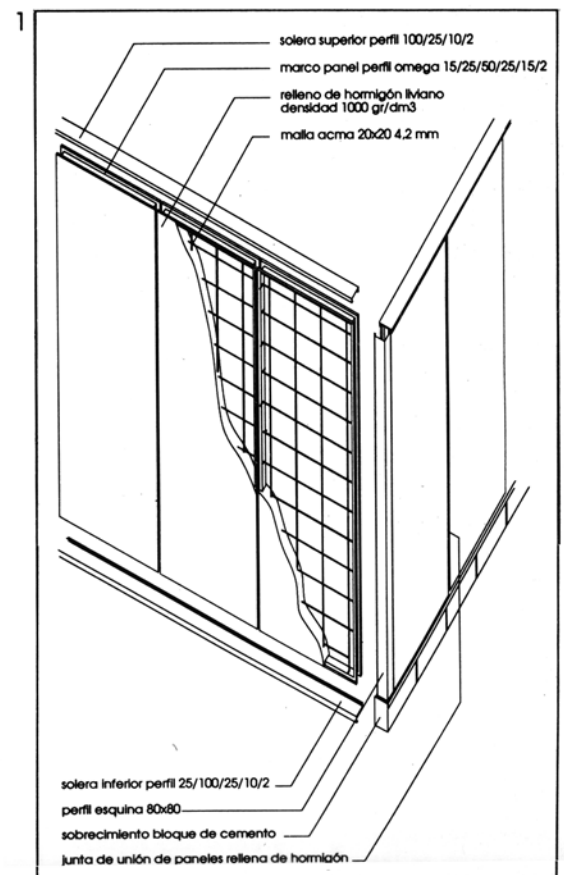
producto nacional. En este contexto la demanda por vivienda social supera el millón de metros cuadrado, y esto sin considerar el segmento de la población que no tiene capacidad de demanda, por no alcanzar los requisitos de ahorro para optar a los subsidios otorgados por el Estado.

Aplicar un sistema de construcción prefabricada en este sector a fin de producir el cambio tecnológico necesario para mejorar el estándar y aumentar el tramo de la demanda, es una hipótesis que no puede ser demostrada en términos empíricos sino más bien es preciso desarrollar una simulación macroeconómica que contenga un modelo con características similares a las encontradas en otras áreas de la economía, además de la definición y factibilización técnica del sistema.

DEFINICION DEL MODELO

En Chile las industrias de paneles en sus diferentes concepciones, pre-cortadas, prefabricados o industrializados, han tenido un éxito relativo, destacándose principalmente la industria de los prefabricados de madera. Sin embargo se puede asegurar que este tipo de industrias si bien es cierto han contribuido a desarrollar nuestro estándar tecnológico, no han aportado mayormente a la solución del déficit habitacional, dado que sus soluciones no han sido aceptadas como un estándar, fundamentalmente por el hecho de considerarlas livianas, concepto que tradicionalmente ha estado ligado a la idea de poca duración y transitoriedad y los intentos de mejorar su aceptación han incidido negativamente en los costos, no siendo competitivos con los sistemas tradicionales.

Lograr la competitividad de un sistema constructivo orientado a la vivienda social, requiere superar el estado prácticamente en el límite de las especificaciones, habitabilidad y acondicionamiento de las unidades habitacionales, y sin duda a menores costos de producción. A diferencia de lo que ocurre con tramos superiores de la demanda en los que el precio de equilibrio es una resultante de numerosos factores tales como superficies, ubicación, especificaciones, etc.; en la vivienda social en sus tramos más bajos, el precio está dado por la estimación que se hace de la posibilidad de ahorro y pago del comprador que se supone insuficiente para optar a la compra, más el subsidio que otorga el Estado a fin de posibilitar la adquisición del bien. Esto determina la clave de la efectividad de una simulación, ya que es posible técnicamente



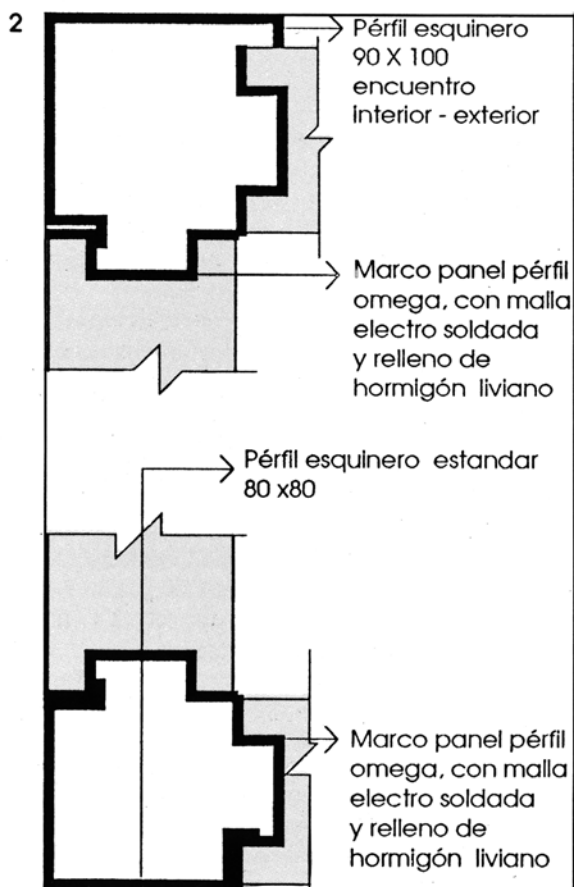
establecer por parte de la empresa productora diferentes precios de un bien dependiendo de la cantidad de unidades que se venden, vale decir la oferta considerando los volúmenes de producción y los tamaños de planta adecuada para producir tal volumen.

En la simulación propuesta, se ha adoptado el sistema desarrollado por el profesor Marcelo Etcheverry Orthous, esquematizado como una estructura modular compuesta por paneles prefabricados en base a un bastidor y malla de acero y relleno con hormigón liviano. Se han considerado las alternativas teniendo en cuenta los cambios que faciliten los análisis de sensibilidad a cuatro aspectos básicos: El precio del acero; las alternativas de áridos livianos; el costo de la mano de obra; y el sistema de producción y montaje.

Los ensayos desarrollados consideran prototipos de paneles diseñados a fin de evaluar aspectos tanto constructivos y estructurales como los costos y alternativas de ejecución. Al respecto se ensayaron cuatro combinaciones caracterizadas por el tipo de estructura, el material de relleno y el método de ejecución, considerando en primer lugar dos alternativas

probadas en varias construcciones en las que han participado los integrantes del proyecto, y consisten en ambos casos en que el módulo constructivo es un panel estructurado con un perfil omega en todo el contorno formando un bastidor que sostiene una malla de acero electrosoldada; también en ambos casos el material de relleno del panel es un hormigón confeccionado con piedra pómez dando una densidad de 1080 kg/m³. La diferencia entre los dos prototipos la determina por un lado la forma de ejecución del panel, ya sea sobre una mesa vibradora uno a uno, o aprovechando la capacidad de moldaje de paneles ya ejecutado. Estos procedimientos determinan la existencia o no de estuco de terminación en alguna de sus caras, y por consiguiente diferentes costos y niveles de producción.

La necesidad de desarrollar dos nuevos prototipos se originó debido a dos aspectos relevantes en la conformación de los costos de producción del panel además de incidir en aspectos de acondicionamiento. Inicialmente, un estudio de sensibilidad determinó que la incidencia del acero y de la piedra pómez como materia prima en la ejecución del pa-



nel, podría dar variaciones de precios porcentualmente mayor por costo unitario, que la que afecta a los materiales sustitutos de esta tecnología propuesta, como lo son las albañilerías tradicionales. El acero, que en el sistema propuesto cumple con tres objetivos básicos:

1º Dar la capacidad autoresistente y colaborante con la estructura general.

2º Servir de moldaje incorporado para la ejecución de los paneles.

3º Determinar la tecnología de armado y ensamblado de todas las estructuras y una parte importante de las terminaciones.

Debido a estas características el sistema es intensivo en el uso del acero por consiguiente la incidencia del precio de esta materia prima en los costos finales es mayor que en otros sistemas tradicionales. Conclusión: "Es conveniente buscar alternativas de estructuras del panel, sin deteriorar, la capacidad resistente del sistema, su forma de producción y sistema de montaje".

Obviamente, el elemento ajeno al mercado habitual de la construcción en este contexto es la piedra pómez, por lo cual fue preciso realizar un estudio del mercado de este material constatando que su comercialización es muy restringida debido a su escasa demanda, originada principalmente por los lavados de telas industriales, lo que determina el volumen de extracción desde la gran cantidad de yacimientos que la conformación volcánica de Chile permite. Posteriormente la piedra pómez debe ser chancada y rodada a fin de limar las aristas y darle una forma esférica de un diámetro aproximado de 10 cm., lo que establece que su precio es elevado y se comercializa en volúmenes inadecuados para ser utilizados como áridos en la preparación de hormigones. Sin embargo del procedimiento anteriormente descrito queda un material residual que por no ser demandado no tiene precio, y es perfectamente aprovechable al ser separado en diferentes calibres de áridos para hormigones, no obstante, de la demanda industrial de piedra pómez se puede calcular que el residuo no supera los 200 m³ anuales, cantidad que solo alcanzaría para la ejecución de 1200 paneles. Conclusión inevitable: "Es preciso desarrollar la extracción de piedra pómez y buscar usos alternativos de ella a fin de estimular su demanda".

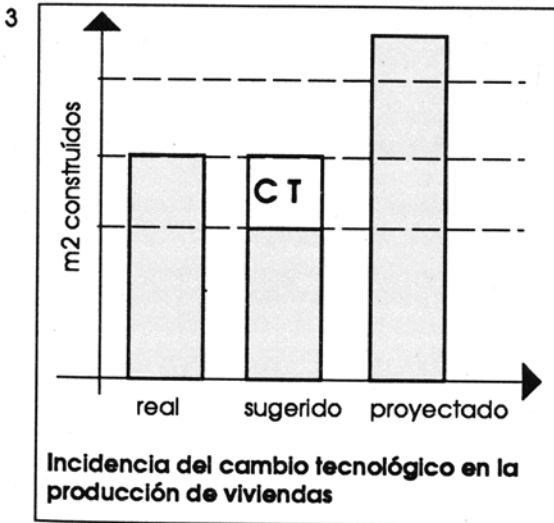
En principio estos estudios motivaron los ensayos de dos nuevos tipos de paneles, en los que en ambos casos se sustituyó el hormigón liviano confeccionado con pómez, por hormigón liviano con poliestireno expandido, dando la diferencia la estructura metálica del

panel, en la que en un caso se usó el perfil angular que sostiene sendas mallas de metal desplegado colocadas en cada cara de panel. Estos prototipos fueron desarrollados luego de ensayar diferentes dosificaciones de hormigones con este agregado, los que introducían una nueva serie de conflictos al proceso como disgregación de los hormigones y disminución de su resistencia. Las alternativas finales evaluadas y ensayadas utilizan una placa de poliestireno expandido en perlititas, aglomerado con cemento y con terminación en sus caras con viruta de madera aglomerada con cemento. Este panel desarrollado por una empresa nacional está utilizándose en reemplazo de tabiques no estructurales. Posteriormente esta parte del proyecto conduciría al estudio de alternativas de áridos livianos evaluando los antecedentes históricos para concluir en otra parte del estudio en el ensayo de áridos expandidos por calor y los correspondientes análisis de costo de producción.

IMPLEMENTACION DE UNA POLITICA DE DESARROLLO

Finalmente el modelo queda definido por un sistema modular de paneles del hormigón liviano con sus distintas alternativas de ejecución, lo que le determina una estructura de costos y volúmenes de producción con diferentes tamaños de plantas paneleras, y sus consiguientes recursos financieros asociados a estos proyectos. Este módulo estructural se complementa con la tecnología de montaje, la que mantiene las características industriales al incluir elementos prefabricados en las otras etapas del proceso constructivo, como instalaciones, cubierta, pisos y sus estructuras. Además es preciso considerar que desde un punto de vista empresarial, la construcción de viviendas económicas no es un giro adecuado para una industria, por el contrario, una planta panelera es una actividad netamente industrial, tanto por estructura administrativa y de costos, como por su esquema de producción.

La simulación propuesta contempla la participación de varios estamentos de la sociedad, los que interactúan no solo en el mercado, si no que además establecen la base social, el cuerpo legal e institucional del país. En principio la empresa privada en el sector construcción debería orientar sus proyectos hacia un sector deficitario: "la vivienda social". En seguida el Estado a través del estímulo a la inversión debe conducir los cambios tecnológicos necesarios para aumentar la



eficiencia de los sistemas constructivos y con un subsidio directo, tiene que ampliar la capacidad de ahorro y el poder adquisitivo a un sector importante de la población. Luego el sector industrial debe incorporar nuevos recursos a la producción de elementos que son demandados por mercados donde la competencia aún no adquiere su nivel de control. Las universidades a su vez deberán proyectar los cambios y evaluar las condiciones ambientales y sociales en pro de un desarrollo armónico.

Todo los cambios que deben producirse para poner en marcha el sistema están interrelacionados, y se suceden unos como consecuencia de otros, en rangos y valores estadísticamente predecibles, por lo tanto se tabulan y se estiman las variaciones, así se puede predecir cual sería el cambio en la tasa de inversión en el sector vivienda si cambia un estadígrafo importante para el sector, como por ejemplo el IVA en la construcción. El conjunto de factores analizados y considerados en la simulación deben ser correlacionados a fin de establecer cual es la incidencia porcentual del cambio de uno en otro o en el total, de tal forma de predecir usando el mismo ejemplo anterior, que la disminución de un punto en el IVA podría significar cambios en los niveles de construcción del orden del 10%.

El conjunto de variables y sus factores de correlación considerados en la simulación deben organizarse en una gran ecuación llamada función objetivo, que en el caso específico de este proyecto fue una función que satisfacía la hipótesis de desarrollo planteada en la que un cambio tecnológico permitiría reducir drásticamente los costos de construcción, y de esta forma incorporar a un sector

marginal de la población a la posibilidad de adquirir una vivienda. Sin embargo la hipótesis también destacaba el círculo vicioso que se proponía, ya que para permitir el cambio tecnológico era necesario aumentar la demanda efectiva de viviendas, es decir, haberle dado previamente a este sector postergado la capacidad de adquirir la vivienda. La participación del Estado a través de una política adecuada permitiría romper este círculo vicioso, lo cual obviamente demanda la necesidad de evaluar el impacto social de esta decisión, ya que si bien es cierto que el acceso a la vivienda es un derecho fundamental por el cual debe velar el Estado, también es cierto que desviar recursos de un sector de la economía hacia otro puede afectar el equilibrio macro-económico, y producir alteraciones que perjudiquen al mismo sector beneficiado y también a otros.

CONCLUSIONES

Se sostiene que la construcción es una de las actividades más atrasadas en el desarrollo tecnológico, comparada con cualquiera de las actividades industriales, por ejemplo la industria electrónica. Sin embargo, resulta contradictoria esta observación si se considera la tecnología empleada en algunas construcciones, sus instalaciones y equipamiento, por tanto es necesario aclarar que el atraso que se puede detectar es en la llamada construcción artesanal o con medio tradicionales, y es precisamente en el sector de la construcción de viviendas económicas donde se observa el mayor grado de artesanía en los procedimientos determinando bajos niveles de incorporación de faenas industrializadas, con un alto porcentaje de costos de mano de obra. Cambiar esta situación no solo resulta beneficioso para el sector vivienda, propiamente tal, si no que además permitiría proyectar nuevos niveles de empleo y de remuneraciones, como consecuencia de un cambio de proporciones nacionales que involucrarían al sector industrial y a la empresa privada en general.

Específicamente la simulación desarrollada en el proyecto presentado muestra sectores sensibles a innovaciones importantes, como lo es la producción de áridos para la ejecución de hormigones, donde la posibilidad de generar una industria destinada a la elaboración de materiales aglomerados o laborados de piedra pómez permitiría producir áridos para hormigones, aislaciones térmicas, bloques li-

vianos, revestimientos refractarios, etc. También resulta conveniente evaluar la rentabilidad de empresas destinadas a la producción de áridos livianos producto de la expansión térmica de cristales sílice, proveyendo con esto a la industria de materiales aislantes de pinturas de protección al fuego, estuco proyectados, etc. Desarrolladas algunas de las dos industrias, los niveles de producción de áridos livianos permitiría ampliar las tipologías estructurales en base a elementos de hormigón liviano, generando con esto un cambio importante en la concepción de los elementos prefabricados.

La industrialización de la vivienda social es una alternativa que permite proyectarla al nivel de consumo masivo, aprovechando las ventajas de las economías de escala, y de esta forma bajar sus costos con los consiguientes beneficios para importantes sectores de la población. Por las mismas consideraciones, y por lo restringido que es el rango en que varían los precios del equilibrio, no podrían coexistir sistemas tradicionales con industrializados, por consiguiente, si se programa la construcción de 30 mil o más viviendas de este tipo al año, una sola empresa no podría satisfacer esta demanda, menos aún en sólo una tipología constructiva, por lo tanto el cambio tecnológico es una consecuencia del mercado y se traduce no en la adopción de una determinada tecnología si no en la adecuación de los múltiples sistemas a metodologías más eficientes y racionales, las que necesariamente transferirán parte de su mano de obra al sector industrial, caracterizando con ello un aspecto relevante del buscado desarrollo nacional. ■

