

Distr.
RESTRINGIDA

LC/R.1612
29 de diciembre de 1995

ORIGINAL: ESPAÑOL

CEPAL

Comisión Económica para América Latina y el Caribe

**SITUACIÓN DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN LIGADA A LA
PRODUCCIÓN DE VIVIENDA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE**

Este documento fue preparado por el consultor señor Elías Ayarza en el marco del proyecto "Propuestas para la transformación productiva de la vivienda en América Latina y el Caribe" (HOL/93/S83), adscrito a la Unidad Conjunta CEPAL/CNUAH de Asentamientos Humanos. Las opiniones expresadas en este trabajo, el cual no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Organización.

INDICE

	<u>Página</u>
Resumen	v
I. SITUACIÓN ACTUAL DE LA INDUSTRIA LIGADA A LA CONSTRUCCIÓN EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE	1
A. SITUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE VIVIENDA Y DE LA ACTIVIDAD DE CONSTRUCCIÓN DEL SECTOR EN LA REGIÓN .	1
B. CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN RELACIÓN A DIVERSOS MATERIALES BÁSICOS, SUS DERIVADOS Y MATERIALES COMPUESTOS QUE LA FORMAN.	2
1. Cemento y hormigón	3
2. Acero	12
3. Madera	17
4. Albañilería de ladrillo	24
5. Aluminio	29
C. MATERIALES COMPUESTOS	30
1. Paneles modulares prefabricados	30
2. Artefactos sanitarios	32
ANEXO	33

Resumen

El trabajo que presenta este documento es una actividad sustantiva del proyecto "Propuestas para la transformación productiva de la vivienda en América Latina y el Caribe", el cual es ejecutado por seis países de la región con la coordinación de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y con el concurso de otros países de la región.

En el presente informe se comenta la situación actual en seis países que se han considerado representativos, en su conjunto, de toda la región de América Latina y El Caribe.

Los seis países considerados son: Brasil (sólo el Estado de Minas Gerais), Chile, El Salvador, Jamaica, México y Perú.

Estos países tienen tamaños y características diversas que los hacen representativos de zonas diferentes y en su conjunto, permiten orientarse sobre la dirección en que deberían producirse las transformaciones que podrían contribuir a resolver más rápidamente las carencias que se han acumulado en la región, en lo que se refiere tanto a la vivienda como a la construcción en general.

El estudio comprende el análisis de algunos productos básicos y derivados de mayor importancia en la construcción, tales como el cemento, hormigón, acero, madera, ladrillos, paneles prefabricados, etc. estudiando algunas de sus características, oferta actual en la región y recomendaciones para su empleo.

I. SITUACIÓN ACTUAL DE LA INDUSTRIA LIGADA A LA CONSTRUCCIÓN EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

A. SITUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE VIVIENDA Y DE LA ACTIVIDAD DE CONSTRUCCIÓN DEL SECTOR EN LA REGIÓN

Actualmente existe un enorme déficit habitacional en la región, que ha ido aumentando con los años. En casi todos los países se construyen anualmente menos viviendas que las que se requieren por la formación de nuevos hogares y por deterioro de las viviendas antiguas. Además, son notables los desequilibrios de los centros urbanos, la carencia de equipamientos y servicios básicos y la existencia de grandes sectores, tanto urbanos como rurales, marginados y deteriorados.

La mayor carencia en el grupo de países estudiados se observa en Brasil, donde se ha estimado la existencia de un déficit de 10 millones de viviendas en el año 1989, con una demanda marginal (nuevos grupos familiares y viviendas obsoletas) de 500 000 viviendas al año.

En Chile, el déficit de vivienda estimado para el año 1987 fue de 422 000 viviendas nuevas, con una demanda marginal de 110 000 viviendas por año.

En el Salvador se estimó un déficit de 561 000 viviendas para el año 1980.

En México se estimó que en 1989 existía un déficit de 6.4 millones de viviendas y una necesidad de construcción de nuevas viviendas sólo por crecimiento demográfico, de 340 000 unidades anuales.

En Perú se estimó para el año 1990 un déficit de 756 000 viviendas, pero además, en el parque habitacional existente se detectó la existencia de más de un millón de viviendas sin los servicios mínimos de electricidad, agua potable en su interior y alcantarillado.

Las cifras anteriores, corresponden a la medición tradicional de déficit habitacional que consiste en hacer un inventario o censo de viviendas existentes, calificando su calidad y capacidad, para calcular el número de unidades de vivienda que deberían ser construidas. Estas cifras serían menores si parte de las viviendas

antiguas no se reemplazan enteramente, sino que se reparan y amplían, agregándoles los servicios esenciales faltantes.

En todo caso, aunque puedan calcularse cifras diferentes, es indudable que el déficit habitacional existente en la región es enorme y su eliminación o reducción sustancial requiere de inversiones muy cuantiosas en todos los países.

La inversión bruta fija en construcción de viviendas en los países estudiados, en casi todos los casos no pasa del 4% del PIB y en países como El Salvador, apenas alcanza a un 3%. Estos valores son insuficientes para cubrir las necesidades por crecimiento de la población y para disminuir los abultados déficits de arrastre. En el caso de Chile, la inversión en construcción de viviendas ha llegado al 4.8% del PIB del país en 1992 (véase el cuadro 1 del anexo).

Considerando las cifras de crecimiento demográfico de los países, de acuerdo al último informe del Banco Interamericano de Desarrollo y asignando un promedio de 4.5 personas por vivienda, se puede calcular la siguiente necesidad anual de nuevas viviendas por este factor en cada país:

Brasil	560 000
Chile	49 000
El Salvador	25 000
Jamaica	14 000
México	364 000
Perú	102 000

De acuerdo a las cifras estadísticas publicadas, Chile construyó 117 000 viviendas en 1993 (véase el cuadro 2 del anexo, basado en los permisos de construcción). Perú habría construido alrededor de 88 000 nuevas viviendas como promedio de los últimos dos años.

Países como Brasil, El Salvador y Perú construyen sólo alrededor de la mitad del número de viviendas necesarias para revertir el déficit actual y satisfacer la demanda por crecimiento demográfico.

Chile estaría en posición excepcional, pues con la construcción actual supera las cifras de necesidad anual de nuevas viviendas.

B. CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN RELACIÓN A DIVERSOS MATERIALES BÁSICOS, SUS DERIVADOS Y MATERIALES COMPUESTOS QUE LA FORMAN

- Materiales básicos y sus derivados: Los diversos materiales que pueden utilizarse en la construcción de viviendas dependen, en

gran medida, de los que haya disponibles en los diversos países o regiones. Con respecto a los materiales básicos y sus derivados inmediatos, es ventajoso en general usar los productos locales. Esto es lo que se hace normalmente, aunque haya buenos medios de transporte, ya que la mayor parte de los materiales básicos de construcción son pesados y de bajo costo por tonelada, por lo que los fletes los encarecerían excesivamente.

En el caso de los elementos y accesorios compuestos utilizados en las terminaciones, por ejemplo artefactos sanitarios, grifería, cerrajería, etc. la situación es diferente y se utilizan en muchos casos productos transportados desde otras zonas o regiones del país o importados.

Se analizarán a continuación algunos productos básicos y derivados de mayor importancia en la construcción, tales como el cemento, hormigón, acero, madera, ladrillos, paneles prefabricados, etc. estudiando algunas de sus características, oferta actual en la región y recomendaciones para su empleo.

1. Cemento y hormigón

a) Cemento

La producción total de cemento en los seis países que se analizan en el presente estudio ha alcanzado a las 57 millones de toneladas en los últimos dos años, según se detalla en el cuadro 3 del anexo.

Todos los países poseen producción propia de cemento, que abastece totalmente las necesidades del consumo interno, ya que las importaciones son mínimas, representando sólo valores marginales. Las exportaciones de cemento son considerables sólo en el caso de México. Este país cuenta con una gran empresa productora, que es CEMEX (cementos mexicanos, de Monterrey) que abastece más del 60% del mercado cementero de México mediante 18 plantas productoras de cemento en el país y que además exporta anualmente cerca de 2 millones de toneladas de cemento a los Estados Unidos y América central.

El consumo medio de cemento en este grupo de países es inferior a 200 kg por habitante al año. Los consumos más altos corresponden a México, con 285 kg y a Chile, con 220 (en 1993). El consumo per cápita más bajo es el de Perú, con cerca de 100 kg.

El consumo medio per cápita de este grupo de países es inferior al consumo medio mundial, que alcanzó a 230 kg/habitante en 1993 y es muy inferior a los consumos de países desarrollados, como la comunidad Europea, que alcanzan a cerca de 600 kg actualmente.

Las mayores empresas productoras de cemento en este grupo de países son tres de México: CEMEX, con una capacidad total de 25

millones de ton/año (además posee numerosas plantas productoras de hormigón premezclado), el grupo Apasco con capacidad de 5.2 millones y Cruz Azul, con capacidad de 4.5 millones de ton/año.

Otras grandes empresas productoras se encuentran en Brasil: S.A. Industrias Votorantim, con capacidad de 4.6 millones de ton, Cía. Río Branco con 2.9 millones, Cía. cemento Portland Itau, con 2.75 millones y Ciminias, en Minas Gerais con capacidad de 2.3 millones de toneladas anuales.

En Chile existen cuatro plantas productoras, con una capacidad conjunta anual de 3.6 millones de toneladas que se comparan con una demanda máxima de 3.04 millones de ton en 1993. De acuerdo a las proyecciones existentes, se supone alcanzar un consumo aparente de alrededor de 4.5 millones de toneladas al finalizar la presente década. El consumo per cápita en este país ha aumentado desde 122 kg en la década de los 70 y 130 en la década de los 80 a 167 en 1991, 200 en 1992 y 220 kg/habitante en 1993.

En Perú hay cuatro empresas productoras y un total de cinco plantas, con una capacidad conjunta de 3.7 millones de ton/año. La mayor empresa es Cementos Lima, con una capacidad de 1.5 millones de toneladas. El consumo aparente de cemento en Perú alcanzó a 2.42 millones de toneladas y está aumentando rápidamente, aunque su consumo per cápita es aún muy bajo, sólo de 100 kg/habitante en 1993.

- Calidad y normas: Con respecto a la calidad de los cementos que se producen en la región, se puede indicar que, en general, es excelente.

Durante los últimos años las industrias locales del cemento se han renovado en su totalidad y sus nuevas instalaciones corresponden a tecnologías recientes, existiendo además un control permanente de la calidad del cemento producido, tanto en forma de control externo como en el control que se hace en los laboratorios de cada fábrica.

El control de calidad de los cementos, llevado en la forma mencionada proporciona el beneficio de la seguridad con que pueden contar los usuarios para la confección de morteros y hormigones en sus obras, al disponer de un material básico que cumple regularmente las especificaciones de las normas nacionales. Por ejemplo, de acuerdo a antecedentes del Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón, si se toman como referencia los cementos de mayor consumo en el país, proveniente de todas las fábricas nacionales de cemento durante los últimos cuatro años, resulta que los valores promedio para los ensayos de compresión y de flexotracción presentan resistencias medias muy superiores a las exigidas por las normas y reducidas desviaciones típicas, con coeficientes de variación sólo del orden de un 4%. Estos valores señalan la eficiencia alcanzada por los fabricantes en la calidad y regularidad de sus cementos.

Una ventaja importante que se deriva del empleo de cementos con bajas desviaciones típicas es el considerable ahorro que ello supone, puesto que se logra un menor coeficiente de variación en el hormigón, pudiéndose conseguir la resistencia característica exigida con una resistencia media más baja y por lo tanto con una dosificación menor.

En su gran mayoría, los cementos fabricados en la región son del tipo Portland o Portland compuestos (puzolánicos) y las normas nacionales se refieren principalmente a esos tipos de cementos.

La necesidad de ahorro energético y el reciclado de subproductos industriales por razones ecológicas han conducido en Europa a un empleo más masivo de los cementos Portland compuestos (con adiciones activas de escorias, cenizas volantes, puzolanas, etc.) que también se reflejan en las nuevas normas internacionales. La Agencia Internacional de Energía de la OCDE informa que en la actualidad en Europa Occidental, los cementos Portland compuestos representan el 50% de la producción y que para el año 2000 representarán el 80%, relegando los cementos Portland puros a casos muy particulares, que exijan características de excepción.

Será recomendable estudiar la posible aplicación en los países objeto de este informe y en los otros países de la región de diversificaciones como la señaladas, tanto en la producción como en la normalización de sus cementos, tendiendo a un aumento de las categorías resistentes y a una mayor variedad en las adiciones. Esta posible renovación de la normalización de cementos vigente aparece como más justificada si se considera que las normas actuales, por ejemplo la norma chilena NCH-148 cuenta ya con 27 años de antigüedad y es probable que en los otros países de la región se trabaje también con normas nacionales ya muy antiguas.

b) Hormigón

En la preparación y utilización del hormigón en la región se ha progresado en forma importante en los últimos años con el empleo de tecnologías modernas, con las que se obtiene una mayor productividad y calidad.

El empleo de técnicas más avanzadas ha correspondido principalmente a la construcción en las grandes ciudades y sobre todo en construcciones de importancia y en la edificación en altura, manteniéndose el empleo de muchas tecnologías atrasadas en las construcciones menores y en las obras efectuadas en ciudades más pequeñas o en zonas apartadas.

Un índice que es interesante observar es el despacho de hormigón premezclado, que siempre corresponde a un hormigón hecho con tecnología avanzada y significa un ahorro de cemento para alcanzar una resistencia determinada. Se puede observar el aumento proporcional de los despachos de hormigón premezclado, comparándolos con el consumo aparente de cemento. Así, en Chile en 1990 era de 0.55 (1 126 000 m³ de hormigón premezclado y 2 049 000

ton de consumo aparente de cemento. En 1993 este índice subió a 0.77 (2 349 000 m³ de hormigón premezclado y 3 040 000 ton de cemento) y en el período enero/septiembre de 1994 este índice llegó a 0.85 (1 899 435 m³ y 2 223 000 ton de cemento).

En México, la empresa CEMEX produce anualmente varios millones de metros cúbicos de hormigones premezclados, siendo la mayor empresa en este rubro en toda América Latina y el Caribe.

Otro índice, mucho más difícil de cuantificar, corresponde a la relación entre la resistencia a la ruptura del hormigón a 28 días (kg/cm²) y los kg de cemento por m³ utilizados en su preparación. Hace varios años, en hormigones preparados en betonera, era común que no se alcanzara un índice de 1.0, es decir, se utilizaban más kg de cemento por m³ que los kg/cm² de resistencia obtenidos. Actualmente, con un buen manejo de áridos y con tecnologías adecuadas de preparación, es corriente duplicar u obtener índices aún más elevados entre la resistencia obtenida y los kg de cemento utilizados.

i) Cobertura: En la tecnología que se emplea para el uso del cemento y diferentes tipos de hormigones, no se detectan en Chile ni en los otros países analizados vacíos significativos que impidan el uso de técnicas constructoras superiores. En efecto, en las grandes obras y en la construcción en altura, son de uso común numerosas tecnologías avanzadas. Por ejemplo, hay un empleo cada vez más abundante de los hormigones premezclados, como se detalló anteriormente. Se utilizan también en forma importante los paneles y losetas prefabricados, incluso losetas de hormigón precomprimido y otras técnicas avanzadas, como el empleo de moldajes metálicos de multiuso, el empleo de diversos aditivos para mejorar las condiciones del hormigón, el empleo de fibras (metálicas o plásticas) para evitar grietas de retracción, el uso intensivo del vibrado del hormigón, etc.

Todas estas tecnologías son de uso ya bastante común en las grandes obras y en los trabajos de construcción en altura, pero aún se emplean poco en obras menores o en regiones más apartadas.

En ese sentido, sería conveniente tratar de lograr un mayor empleo de esas técnicas más avanzadas en las obras menores, lo que redundaría en mejor calidad y menores costos de construcción.

Los problemas pendientes en relación al uso y tecnología del hormigón se relacionan más con aspectos tales como Productividad y Capacitación y Control de Calidad.

ii) Cómo promover mejores técnicas: En los términos de referencia de este trabajo se ha considerado la Cobertura como limitante de técnicas constructivas superiores, planteando por lo tanto la pregunta: ¿qué limita el empleo de mejores técnicas?

Esta pregunta es extremadamente compleja, no sólo porque admite numerosas y a veces contrapuestas respuestas, sino porque invita a formular otras preguntas aclaratorias o complementarias.

Un ejemplo puede ser: ¿qué se entiende por mejor técnica? La respuesta sólo puede acotarse si se precisa qué se quiere hacer y con qué medios, ya que muchas veces una técnica primitiva y con muchas limitaciones puede ser perfectamente adecuada para obras pequeñas o si no se tienen los medios de pago para utilizar otras técnicas que requieren mayores inversiones.

Las principales características que pueden impedir o limitar el uso de mejores técnicas pueden ser:

- Falta de información, la que puede referirse a la existencia misma de otras alternativas o a las ventajas que podría reportar su uso.
- Falta de conocimiento para utilizar las alternativas, sea por parte de quien concibe el proyecto o de quienes deben ejecutarlo (falta de preparación de la mano de obra), se trataría en todo caso, de una segunda forma de escasez de información
- Otra limitante absoluta será la capacidad de compra, que puede referirse tanto a los materiales mismos como a las herramientas necesarias para usarlos.
- Una limitación puede ser absoluta al decir, por ejemplo, que sin herramientas de carpintería no puede hacerse una estructura de madera bien dimensionada, o relativa: todos saben que el hormigón mezclado en betonera permite obtener, con igual dosificación de cemento, un producto más resistente. Sin embargo, en obras menores o cuando no se dispone del capital necesario, se sigue mezclando el hormigón a mano. De un modo similar, el andamio metálico es más seguro y más durable que el de madera, pero éste se sigue usando, aún en obras de relativa importancia.

Algunas limitantes para el avance tecnológico en la construcción pueden ser:

- La información insuficiente sobre las novedades que se produzcan en este campo. Dentro del concepto de insuficiencia de información debe considerarse incluida la falta de preparación del personal en todos sus niveles.
- El hecho de que la pequeña envergadura de las obras o su dispersión geográfica les impidan servir de base a un empeño de modernización o cambio.
- Conviene tener presente, en todo caso, que en este tema la expresión "mejor" no es sinónimo de "más nuevo". El

método más adecuado para una situación específica puede ser uno relativamente antiguo. Lo que importa sí es que una obra esté bien proyectada y bien ejecutada.

Como limitante de Cobertura, en el sentido de limitantes de técnicas constructivas superiores, se ha indicado como características que pueden limitar su uso la falta de información sobre la existencia de nuevas tecnologías o de las ventajas que podría reportar su uso.

En el caso de Chile es poco significativa la falta de información, ya que los organismos gremiales y los institutos técnicos (Cámara de la Construcción e Instituto del Cemento y del Hormigón) han divulgado mucho la existencia y usos de esas alternativas. Igualmente las empresas que venden elementos relacionados con nuevas técnicas (por ej. SIKA y otras empresas que suministran aditivos, sellantes, revestimientos de protección, etc.) cuentan con departamentos técnicos que han hecho una importante labor de asesoría a las empresas constructoras, que indirectamente significa divulgación de nuevas tecnologías. Una situación equivalente existe en los otros países de la región.

iii) Productividad y capacitación: Aunque ha mejorado la productividad, en la medida que las empresas constructoras han ido utilizando tecnologías más modernas, queda aún mucho camino por recorrer hasta lograr una buena productividad en la construcción.

La productividad es un concepto amplio, susceptible de abrirse en varios componentes. Lo más destacado es lo relativo a la mano de obra y a los materiales.

Con respecto al uso de mano de obra, la medición del aumento de la productividad se relaciona con la disminución del tiempo utilizado para completar determinada faena, es decir, disminución de horas-hombre necesarias para ejecutarla.

El tiempo puede depender de varios factores. Entre ellos y ante todo, la preparación técnica de los obreros y el personal técnico y la consiguiente habilidad y velocidad para realizar las diferentes tareas.

Es evidente que la eficacia con la que logrará aplicarse la combinación tiempo-trabajo dependerá fuertemente de la forma en que esté organizada la faena en su conjunto y la oportunidad con que fluyan hacia ella los diversos materiales o salgan de ella los sobrantes. Es obvio que un mal sistema de transportes o de acopio puede anular los efectos beneficiosos obtenidos con un buen entrenamiento de la mano de obra.

Los trabajos de la actividad de construcción tienen características propias que dificultan la aplicación de muchos de los métodos que permiten mejorar la productividad en la mayoría de las actividades industriales. Las obras de construcción son por su naturaleza distintas unas de otras. Sólo excepcionalmente, en la

construcción de habitaciones económicas y en algunos casos similares, se pueden repetir configuraciones sobre las que logre producir efecto un análisis cuidadoso de los materiales y los métodos.

La discontinuidad en la forma entre una y otra obra se acentúa porque la oportunidad de participar en cada obra es de por sí aleatoria. El predominio que el proceso de licitación tiene como mecanismo para otorgar los contratos hace muy difícil una planificación especializada. Esta discontinuidad, propia de la actividad de la construcción, se agrava por una acentuada tendencia a que la actividad del sector sea cíclica. Como consecuencia, el personal de las empresas constructoras es fuertemente variable en número y resulta difícil mantener ocupados a todos los obreros que han sobrepasado un cierto nivel de especialización, como sería lo deseable.

A pesar de las dificultades reseñadas anteriormente, se han obtenido importantes avances en lograr aumentos de productividad, especialmente en la construcción de obras grandes, por parte de las mayores empresas constructoras. En muchos casos se han podido completar obras en plazos muy inferiores a los tradicionales.

Otro aspecto importante y muy relacionado con la productividad ha sido el de capacitación y preparación técnica del personal de las empresas, para lo que en Chile existen cursos en todos los niveles. Se trata de un esfuerzo educativo que se justifica mantener en todos los países, ya que no es excesivamente costoso y sus efectos benefician no sólo al sector construcción.

iv) Construcción con elementos prefabricados: Uno de los modos más eficaces para lograr aumentos significativos en la productividad de la construcción, es la utilización de elementos prefabricados.

La prefabricación consiste en elaborar partes de una construcción fuera de su lugar definitivo, cosa que se hace generalmente en una planta o taller especializado, externo a la obra, pero preferiblemente cercana o con facilidad de acceso.

Se ha podido observar un mayor desarrollo de esta técnica en edificios industriales, con prefabricación de pilares estructurales, vigas postensadas por secciones y losas pretensadas.

En la construcción de viviendas el desarrollo de la prefabricación ha sido más difícil. De hecho ha habido algunas empresas dedicadas a la construcción de viviendas prefabricadas que después de algunos años de operación tuvieron que cerrar. Sin embargo, en los últimos diez años se ha podido observar en los países de la región un desarrollo lento pero sostenido de la prefabricación en algunas áreas en que presenta más claras ventajas en comparación con la construcción tradicional en sitio.

En las actuales condiciones de la economía competitiva, el futuro de la prefabricación dependerá de la medida en que pueda mostrar claras ventajas frente a las otras alternativas existentes, sin contar con protecciones especiales. En el caso de la vivienda podría pensarse en desarrollar económicamente grandes plantas de producción de prefabricados a los que se les asegurara un mercado estable. Sin embargo, tal cosa requeriría contar con un mercado cautivo, condición inviable en una economía libre.

La prefabricación abierta, es decir, la producción de elementos que pueden utilizarse en múltiples proyectos, combinándose con estructuras en sitio o con prefabricados hechos en obra, parecen tener cabida en esta realidad incluso dentro de las fuertes variaciones cíclicas que suele experimentar la construcción de viviendas. Pero es muy importante tener en cuenta que, desde el punto de vista de la ejecución, la construcción por montaje, con elementos prefabricados, obliga a un proyecto muy cuidadoso, en que todas las dimensiones deben calzar precisamente de manera de hacer posible el armado de la estructura. Las secuencias son establecidas de antemano, lo mismo que el orden en la fabricación, el transporte, el almacenamiento y el montaje. Cualquier falla produciría la detención de todo el proceso y una paralización completa de la obra, por lo que el proyecto debe resolver de antemano todos los detalles de manera exacta y, sobre todo completa. Este tipo de faena no admite planificación defectuosa.

Como no se producen escombros, porque no se procesan materiales ni se hacen picadas o correcciones en la obra, ésta se mantiene limpia y ordenada, facilitando los desplazamientos.

En la construcción tradicional en sitio se acostumbra dejar algunos aspectos del proyecto para su solución en la misma obra, lo que se traduce después en un sinnúmero de ajustes con demoliciones y picadas que se suman a las pérdidas naturales de un proceso artesanal poco racionalizado.

De esta manera, la prefabricación tiene una ventaja adicional respecto a la mayoría de las obras en sitio y que en los estudios de costos no suele aparecer reflejada, porque se parte de la base de que no ocurrirán problemas o imprevistos.

Sin embargo, la práctica indica que las pérdidas de materiales en las obras en sitio son importantes y más aún las pérdidas de obra de mano. Una parte de estas pérdidas es inevitable, como en todos los procesos prácticos, pero otras pérdidas corresponden a defectos del proyecto o de la administración de la obra. Esto significa que hay un margen importante para lograr economías ya sea por la industrialización del trabajo, con elementos prefabricados, o logrando una mejor administración de los recursos, de manera de evitar esas pérdidas.

Como ya se ha dicho, la prefabricación obliga a que el proceso productivo se haga con más programación, orden y precisión, por lo que se obtiene una ventaja importante sólo por el concepto de

minimizar las pérdidas que normalmente se producen en la obra tradicional en sitio, por su carácter improvisado.

En la construcción con elementos prefabricados, la elaboración misma es notablemente más económica que la ejecución de esos mismos elementos en sitio. Los costos de moldaje pueden llegar a ser muy bajos si se producen muchas piezas iguales y se puede lograr, además, un alto nivel de calidad y precisión dimensional de los elementos, sin aumentos significativos en los costos, con lo que las terminaciones en obra pueden llegar a ser mínimas.

A las ventajas económicas de la construcción con elementos prefabricados y del menor costo en terminaciones, se oponen los costos propios de la construcción por montaje, que no existen en la construcción tradicional en sitio y que son:

- Eventual mayor costo de transporte
- Costo de montaje o armado
- Costo de uniones o conexiones

Para lograr menores costos de fabricación es esencial tener el mayor número posible de piezas iguales, que puedan fabricarse en un mismo molde. Así, se pueden tener moldes muy perfectos de alto costo, asociados a una infraestructura y a un método industrial de producción, que se amortizan en una gran cantidad de elementos fabricados, por lo que su incidencia en el costo puede llegar a ser muy baja.

En resumen, se puede decir que la prefabricación puede llegar a ser un factor muy importante para mejorar la productividad en la construcción y que es recomendable buscar su utilización en todos los casos en que ello sea posible. Coincidente con esto, será muy conveniente que en cada país se trate de construir gran parte de las viviendas de interés social de acuerdo a unos pocos prototipos standard, para facilitar así la prefabricación y poder en esta forma bajar los costos unitarios de construcción

v) Control de calidad de la construcción: Un aspecto que falta solucionar actualmente en el caso de Chile y probablemente en varios de los otros países de la región, es la ausencia de una exigencia de control de calidad en la construcción de viviendas que permita cautelar los derechos de las personas que adquieren una vivienda, asegurando que la calidad del bien adquirido corresponde efectivamente a lo que ha ofrecido la empresa que vende la vivienda.

Esta situación es especialmente crítica en el caso de las personas de escasos recursos que adquieren una vivienda, mediante el sistema de ahorro previo y subsidio fiscal, y que cuando reciben la vivienda terminada se encuentran con numerosos defectos constructivos.

Es efectivo que los planos de las viviendas han debido ser aprobados por la Municipalidad correspondiente y una vez terminadas

las viviendas deben también ser revisadas y aprobadas. Sin embargo, esta inspección suele ser poco rigurosa y en todo caso, no se ha efectuado ninguna revisión a los materiales empleados ni a las obras ejecutadas durante el período de construcción.

Se debe considerar como absolutamente necesaria en este caso, la exigencia de una marca de calidad o marca de conformidad con normas, emitido por un centro de control de calidad responsable. Otra alternativa posible sería una exigencia a la empresa constructora de entregar al adquirente un certificado de garantía, documento en que el constructor se responsabilice con determinadas características o límites mínimos de calidad de las viviendas que está entregando.

2. Acero

Como material básico de la construcción, el acero se utiliza en la construcción de viviendas en diversos rubros, principalmente en:

- Barras de refuerzo o armadura del hormigón
- Edificio o vivienda con estructura metálica
- Otros elementos metálicos (escalas y estructuras menores)

En forma de elementos compuestos el acero tiene una gran importancia en la construcción de vivienda en numerosos rubros, tales como cañerías, ventanas metálicas, cerrajería, materiales de cubierta, moldajes, etc.

a) Barras de refuerzo para el hormigón (armaduras)

El mayor rubro de la utilización del acero en la construcción de vivienda y el más tradicional es el empleo como barras o armaduras de refuerzo del hormigón. A estas barras en varios países se las llama cabillas.

La producción de barras de refuerzo para el hormigón en el grupo de países analizados en el presente estudio (véase el cuadro 5 del anexo) sobrepasa los cuatro millones de toneladas anualmente. Las mayores producciones, con cerca de 2 millones de ton c/u corresponden a Brasil y México, siendo mucho más pequeñas las cifras correspondientes a los otros países.

El consumo aparente fue casi 1.9 millones de toneladas en 1992. Brasil, si bien produce más, exporta parte de su producción, por lo que su consumo aparente ha alcanzado a un tonelaje máximo de 1 625 000 ton en 1989 y a cifras más reducidas posteriormente.

Chile ha alcanzado a un consumo máximo de 220 000 ton (en 1993) y Perú a cerca de 160 000 ton. Los consumos de cabillas en El Salvador y Jamaica son mucho menores.

En la actualidad, en los seis países analizados se utiliza el acero en barras de refuerzo para hormigón casi exclusivamente como

barras con resaltes, lo que asegura una mayor adherencia al hormigón, eliminándose la necesidad de los ganchos que se utilizaban antiguamente. Sólo en ϕ 6mm se utilizan barras lisas.

Hasta mediados de la década de los años 60 se utilizaban extensamente en todos estos países las barras de acero de baja resistencia, grado A 37-24H. Posteriormente, se han utilizado otros grados de acero aceptados en las normas nacionales, de más alta resistencia, tales como el A 44-28H, el grado A 34-42H y otros similares.

El mayor empleo de los aceros en grados de alta resistencia significa un avance importante en los rendimientos, obteniéndose grandes ahorros en el consumo de acero y un menor costo de la construcción, ya que las diferencias de precio entre las distintas calidades de acero son mínimas y en muchos casos se venden al mismo precio. Esto puede significar ahorros muy importantes, ya que los aceros del grado más alto indicado tienen un límite de fluencia 50% mayor que el grado A 44-28H y un 75% mayor que el antiguo grado A 37-24H. Estos ahorros son importantes y efectivos en los grandes edificios y en la construcción en altura, pero son mucho menores en el caso de viviendas pequeñas, en que las cuantías mínimas exigidas hacen irrelevante el empleo de uno u otro grado de acero.

En los países que cuentan con grandes empresas siderúrgicas integradas: Brasil (Minas Gerais), México, Chile y Perú, la oferta de barras de refuerzo (cabillas) es bastante completa en cuanto a dimensiones y calidades alternativas.

En los países con empresas siderúrgicas menos desarrolladas, como es el caso de El Salvador y Jamaica, la oferta de barras para refuerzo del hormigón armado corresponde básicamente a la producción de pequeñas plantas que relaminan palanquillas importadas o bien a la importación de cabillas. La producción local de barras de acero de refuerzo se ofrece en estos casos sólo en algunas dimensiones y calidades. Esto puede llegar a constituir una limitante importante para la calidad y costo de la construcción de viviendas, ya que no resulta posible utilizar el material que responda más exactamente a los requerimientos de la obra.

- Mallas de acero soldadas: En Chile y en varios de los otros países estudiados se usa extensamente el sistema de mallas de acero formadas por barras soldadas de punto entre sí. Estas mallas se ofrecen en dimensiones y cuantías standard, para uso como armadura de refuerzo para el hormigón.

Las barras han sido previamente estiradas (trefiladas) para aumentar sus condiciones mecánicas de resistencia a la ruptura y de límite de fluencia. En las mallas se utilizan corrientemente barras estiradas en diámetros finales de ϕ 4.2mm a ϕ 9.2mm.

El acero de las mallas se utiliza según propiedades mecánicas determinadas por una norma nacional, que considera como propiedades

mínimas para el ensayo a la tracción una resistencia a la ruptura de 56 kg/mm^2 y un límite de fluencia de 50 kg/mm^2 .

Las tensiones admisibles para las armaduras de acero en forma de mallas soldadas están determinadas por otra norma nacional, que las relaciona con el tipo de hormigón utilizado, pudiendo ser de 24 kg/mm^2 con hormigones corrientes y de 28 kg/mm^2 con hormigones de alta resistencia.

b) Empleo del acero en estructuras

La utilización del acero en forma de estructuras metálicas resistentes, como pilares, vigas, cerchas y otros elementos es del más alto interés como posible material básico de construcción.

El acero, por su alta resistencia a la tracción y a la compresión presenta extraordinarias características favorables frente a los esfuerzos sísmicos. Refuerza esta condición la flexibilidad de que tienen los elementos de la estructura cosa que, como sucedió en Chile en un terremoto importante, permite que la construcción se deforme y recupere a pesar de haberse cortado las diagonales destinadas a resistir el sismo.¹

Otras características favorables del acero como elemento apto para la construcción es que permite obtener estructuras muy esbeltas y resistentes. También es una característica destacable en el acero el hecho de que se presta mucho para ser utilizado en las construcciones hechas con elementos preformados, ya que con el acero se pueden hacer fácilmente elementos repetitivos en dimensiones exactas, preparadas en talleres externos a la obra. En este sentido, son válidos todos los comentarios anteriores acerca de las posibilidades de la construcción con elementos preformados para mejorar la productividad.

La construcción con estructuras de acero se ha utilizado extensamente en Chile en edificios destinados a la industria, la minería y usos similares, muchas veces con cubierta superior de acero galvanizado y cubiertas laterales formadas por paneles de acero prepintados.

En mucho menor escala, se han utilizado también estructuras metálicas en construcciones de edificios para oficinas, bibliotecas, salas de clases y otros usos similares, no propiamente habitacionales.

La utilización de estructuras metálicas en la construcción de viviendas, ya sea en forma de viviendas aisladas o en edificación en altura para departamentos ha sido muy limitada hasta ahora.

¹ Edificios metálicos de la Universidad de Concepción. Terremoto de 1960.

Una de las razones de la baja utilización de estructuras metálicas en la construcción de viviendas puede corresponder al hecho de que se ha empleado poco en Chile la construcción con elementos prefabricados, en que el acero puede presentar numerosas ventajas. Además, hay una larga y exitosa experiencia en el uso del hormigón armado que le da una base lógica a cierta resistencia al cambio.

En Chile la oferta de perfiles estructurales livianos y medianos ha sido abundante y variada, tanto de origen local (doblados y/o soldados) o perfiles laminados importados. Esta oferta, además, se ha mantenido en precios razonables, siendo más baja en precios de igual valor adquisitivo en los últimos años.

Esto hace pensar que es conveniente promover el empleo de estructuras metálicas en la construcción de viviendas en la forma de construcción con elementos prefabricados o estructuras completas.

La construcción utilizando estructuras de acero (pórticos, pilares o vigas soportantes y otros elementos) permite en muchos casos soluciones muy convenientes, a costos perfectamente competitivos con otros sistemas constructivos.

Sin embargo, es preciso estudiar el posible empleo de estructuras metálicas en cada país, en regiones específicas de algunos países y para diversas condiciones (por ej. en construcción de 4 pisos o de mayor altura) pues los costos y sus condiciones de ventaja relativa pueden ser enormemente variables.

Aunque varían las condiciones y formas constructivas, la utilización de estructuras metálicas presenta las siguientes ventajas:

- Menor peso, lo que significa ahorro en fletes y menor costo de fundaciones.
- Mayor velocidad de construcción, lo que significa disminuir los gastos generales y financieros.
- Mayor superficie útil al disminuir el espesor de los muros y el volumen de los elementos resistentes.
- Mayor resistencia a los sismos.
- Facilita la construcción con elementos prefabricados, lo que mejora la productividad en la construcción.

Las ventajas reseñadas contrarrestan, en muchos casos, el mayor costo directo que puedan tener los elementos estructurales de acero.

De acuerdo a lo indicado, es conveniente estudiar la posible construcción de viviendas utilizando estructuras metálicas en los diversos países y bajo condiciones específicas. Los costos de construcción pueden ser muy diferentes en cada caso y también sus ventajas y desventajas pueden apreciarse en forma diferente en distintos países y circunstancias ya que, por ejemplo, la carencia

del personal estructurado puede ser, en algún caso, un obstáculo definitivo.

c) Otros elementos metálicos

Aparte de las barras de refuerzo para armaduras del hormigón y del posible uso en estructuras metálicas, el acero se utiliza en la construcción de viviendas con múltiples elementos menores, tales como costaneras, escalas, ventanas, cañerías de acero galvanizado, etc. y en múltiples formas en materiales compuestos, tales como planchas de cubiertas, quincallería, cerrajería y muchas más.

La oferta en forma de perfiles doblados, plancha laminada en frío o en caliente y cañerías en diversas formas es abundante y variada en los países que cuentan con una industria siderúrgica relativamente más desarrollada. (En este caso Brasil, México y Chile). La oferta es algo más escasa en los países que cuentan con producción siderúrgica limitada de productos planos (caso de Perú) o nula (caso de El Salvador y Jamaica).

En el cuadro 4 del anexo se muestra la capacidad anual de producción de acero, en seis países seleccionados de la región. En el caso de Brasil, casi la mitad de la capacidad de la producción de las siderúrgicas integradas está instalada en el estado de Minas Gerais.

En todos los casos, existe también abundante oferta de productos de acero importado, en una gran diversidad de dimensiones y calidades, dada la fuerte competencia existente en la industria siderúrgica mundial.

- Otros elementos metálicos recubiertos: El empleo de elementos metálicos varios se ha extendido especialmente en forma de secciones de acero con recubrimiento contra la corrosión, y en los últimos años, con el empleo creciente del "galvalum" (recubrimiento de zinc y aluminio).

El acero galvanizado, zincado obtenido por inmersión en caliente se ha utilizado ampliamente y por mucho tiempo en numerosos rubros de la construcción. Con la utilización de nuevas tecnologías en las plantas siderúrgicas, se pasó junto con el término de la década de los años 80, a elaborar un nuevo producto, que es el galvalum o zinc-alum, con un recubrimiento de 55% de zinc. Este último material, con características muy superiores a las del galvanizado, prácticamente lo ha desplazado en pocos años en techumbres, revestimientos laterales y otros usos similares.

El galvalum es un material que compite fuertemente con el aluminio, en todo el mundo, en el caso de varios elementos de la construcción de viviendas que anteriormente parecían más adecuados para el empleo del aluminio.

Otro producto, propio del avance tecnológico en la industria siderúrgica, es el de las láminas delgadas de acero prepintadas,

con revestimiento orgánico. Estas láminas pueden llevar además revestimiento metálico y pueden ser entregados por la planta siderúrgica en forma de bobinas (rollos), flejes o láminas cortadas en largos fijos.

El empleo de la hoja de acero pintado no sólo elimina la necesidad de pretratamiento y pintado en el lugar de la construcción o de la fabricación de paneles, sino que reduce las necesidades de espacio, con grandes ventajas en la productividad y en los costos finales.

Como posibles aplicaciones de chapas (láminas) con revestimiento orgánico en la construcción se pueden citar, por ejemplo: tabiques modulares diversos, cubiertas o cierres laterales, revestimientos de fachada, accesorios para terminación, perfiles para puertas y ventanas, celosías, parasoles, revestimientos de balcones, etc.

De los seis países de la región cuyos antecedentes se analizan en el presente estudio, Brasil cuenta con plantas siderúrgicas que producen galvalum (aluminio y cinc) en Minas Gerais (en Usiminas) y en el resto de Brasil (en C.S.N.). México produce galvalum en Monterrey y Chile en la Cía. de Acero del Pacífico (Huachipato). Los otros países no producen este material.

Láminas de acero pintado en rollos se producen en Brasil en Minas Gerais (Usiminas) y en el resto de Brasil (en C.S.N.).

3. Madera

a) Generalidades

Este material, de hermosa apariencia y cualidades nobles ha acompañado a la humanidad por milenios sirviendo de soporte a las más diversas aplicaciones: armas, herramientas, vajilla, mobiliario, habitación, vehículo terrestre, fluvial, marítimo.

Las características de la madera varían notablemente de una especie vegetal a otra. Aunque su resistencia y duración es, en términos generales, mayor cuando también mayor es su densidad, no se la debe juzgar por esta sola variable, ya que la forma de las células alargadas que la constituyen y cuyas paredes y unión están formadas principalmente por celulosa y lignina, así como la manera en que entre ellas se imbrican, determinan cualidades bastante diferentes.

Las propiedades de la madera de cada especie forestal y las aplicaciones que a cada una mejor se ajustaban fueron conocidas por el hombre desde muy antiguo y hay pruebas de que ya en el período neolítico se utilizaban con gran propiedad muchas maderas diferentes.

En nuestros días la madera ha sido desplazada de muchas de sus aplicaciones clásicas, pero su calidez y belleza le siguen manteniendo un lugar de privilegio entre los materiales que el hombre corrientemente utiliza.

b) La construcción en madera

Esta particular aplicación de un producto trabajable hasta una perfección casi absoluta ha sido empleada en forma intensa en todas las latitudes. El refinamiento alcanzado es particularmente notable en el Japón, país en el que milenarias construcciones de carácter principalmente ceremonial (ciertos palacios) se mantienen inalterados mediante un sabio proceso de reposición que permite la duración indefinida de estructuras aparentemente frágiles que mantienen una inmutabilidad temporal que, en lo asombroso, sólo es superada por los jardines que las rodean, cuya vegetación, hábil y pacientemente mantenida y renovada, parece indiferente al transcurso de los siglos.

La construcción en madera no ha sido particularmente desarrollada en la América del Sur, donde tanto la tradición indígena como la herencia árabe-española tendieron a perpetuar el uso de el adobe y de la piedra, reservando sin embargo un brillante lugar para que la madera luciera sus atributos en artesanados de techos, bancos de coro, altares recubiertos de oro y policromas imágenes religiosas.

En las habitaciones el uso de la madera se redujo a la fabricación de puertas y ventanas y a la estructura de techumbre, cubierta, por lo general, con tejas.

Limitada a esta función secundaria, la madera se consideró un material poco durable y no merecedor de una selección y elaboración muy cuidadosa.

Una clara excepción a este enfoque la mostraron los grupos de emigrantes de la Europa del Norte que se instalaron en colonias de cierta importancia, y capaces por eso de una afirmación cultural propia, en zonas como el Chile austral o el Sur del Brasil.

La estructura étnica de las poblaciones que llegaron a lo que después serían los Estados Unidos y Canadá hizo que en esas regiones se diera a la madera una valoración distinta como material de construcción que la que había tenido en el Sur del Continente.

Consecuencia de esta valoración diferente es que en Sudamérica la construcción en madera se haya considerado, y se siga considerando, como algo provisional y barato que se usa mientras no se esté en condiciones de financiar lo definitivo y valioso.

A pesar de que se trata de un material extraordinariamente grato, lo anotado ha impedido que en nuestra región del mundo se le

haya dado a la madera la ubicación que merece en la edificación de viviendas.

c) Uniones y ensambles

Hasta hace unos pocos años las estructuras de madera no habían sido objeto en la región de estudios serios. Las maderas nativas, en general de muy buena calidad, no habían sido tampoco analizadas suficientemente.

El mejor uso de ensambles clavadas, junto con una creciente influencia de las técnicas de los Estados Unidos en la ingeniería local, despertó un renovado interés por las estructuras de madera, en los cuales el crítico comportamiento de las uniones o ensambles constituían el punto débil.

Comenzaron a usarse entonces los llamados "conectores", constituidos por anillos de acero de diámetro relativamente grande que se ajustaban en sendas canaletas de igual forma, labradas en las dos caras opuestas de las piezas de madera que se trataba de unir. Un perno en el centro del círculo fijaba la posición de ambas piezas de madera y dejaba el anillo metálico encerrado en un estrecho estuche formado por las dos canaletas circulares colocadas frente a frente.

De esta manera se daba solución a uno de los principales problemas que afectan a los ensambles apernados: al ser sometidas a una sollicitación importante las dos piezas de madera tienden a deslizarse una sobre otra, el perno evita el corrimiento comprimiendo fuertemente, aunque en lados opuestos, la pared del cilindro que lo encierra. Este esfuerzo puede muy fácilmente superar el límite de resistencia a la compresión de la madera, y el ensamble se rompe. Ahora bien, si alrededor del perno se ha colocado un conector de relativo gran diámetro, la resistencia al deslizamiento la hará un elemento metálico de mucho mayor superficie y, en la misma proporción, aumentará la carga que las piezas de madera puedan resistir sin aplastarse. La unión resistirá sin romperse a cargas mucho mayores que las que podían soportar el perno sólo y, cuando lo haga, la falla dependerá no sólo del aplastamiento de la madera sino de alguna otra insuficiencia, según el caso.

El mejoramiento de las condiciones de trabajo del material más débil, en este caso la madera, aumenta muy fuertemente la capacidad del conjunto, sin que haya sido necesario aumentar la escuadria de las piezas de madera implicadas, ni las dimensiones del perno. Se ha agregado sólo un elemento simple: un anillo metálico que puede obtenerse cortando una tubería de acero de diámetro adecuado. La construcción de la canaleta en una y otra pieza de madera es un trabajo de cierta prolijidad, pero puede ejecutarse con una herramienta simple que se apoye en su operación en la perforación hecha para el paso del perno.

Naturalmente que un ensamble de importancia puede requerir varios pernos y conectores. Por otra parte, el conector cilíndrico del que aquí hemos hablado es sólo una alternativa que admite muchas variaciones. Por ejemplo, una de ejecución simple consiste en colocar alrededor del perno una pieza metálica delgada de la que sobresalen cortas espigas aguzadas que por uno y otro lado se clavan en la piezas de madera cuando ellas se acercan al apretar el perno. En este caso el esfuerzo de corte en el ensamble se distribuirá en una mayor superficie que la del perno, aumentando así la resistencia de la unión.

El principio planteado en la idea del conector, que consiste en hacer trabajar juntos a dos materiales de características distintas, mejorando la eficacia del conjunto, idea que está en la concepción misma del hormigón armado, ha hecho progresar mucho a la construcción de madera y, en los últimos años, ha dado origen a los hasta hace poco casi inconcebibles "materiales compuestos".

La construcción de madera ha visto multiplicarse la aplicación de pequeñas piezas que facilitan y refuerzan la ejecución de muy variados tipos de unión. El principio es siempre el mismo: evitar la ruptura del material más débil encargando a otro el hacerse cargo del esfuerzo y que luego lo distribuya en la mayor superficie del más débil o más blando. Han aparecido así piezas metálicas que aseguran el extremo de una viga junto a un pilar mediante un trozo de canaleta que abraza a la viga (a la que, por lo demás, se atornilla), canaleta que va soldada a una placa que se fija al pilar (también mediante tornillos).

En los últimos años, el gran desarrollo experimentado en el sector de resinas y pegamentos ha ampliado enormemente el campo de aplicación de las estructuras de madera, ya que ha permitido lograr uniones muy resistentes y de muy fácil ejecución. Actualmente es posible obtener estructuras de madera muy esbeltas, capaces de cubrir luces importantes, a un costo razonable. Estas estructuras pueden obtenerse utilizando sólo pegamentos adecuados, sin necesidad del empleo de conectores u otros tipos de uniones.

Otro factor importante para el mayor empleo de la madera en la construcción de viviendas ha sido el uso creciente de los tableros de fibras y otros, que se ofrecen actualmente en una enorme variedad de dimensiones, densidad y resistencia. Igualmente, es cada vez mayor el empleo de maderas aglomeradas en forma de molduras y de puertas y ventanas hechas en tamaños standard.

d) Maderas tratadas

La resistencia al uso de la madera en la construcción de viviendas no es sólo un problema cultural. Resulta que en los climas cálidos la madera es afectada no sólo por los agentes atmosféricos, que la van destruyendo lentamente, sino por insectos que la perforan (algunos, como las termitas, de manera insidiosa) y otros parásitos.

Por otra parte, la madera ha sido históricamente no sólo un importante material de construcción, sino por muchos siglos la única fuente de energía térmica para cocinar los alimentos y, en menor medida, calefaccionar las viviendas. Esta doble función de excelente material de construcción y buen combustible le da, en sí, una cierta inseguridad a la primera.

Atacable por hongos e insectos, fácil víctima de los incendios, la madera ha sido, con cierta razón relegada a un segundo plano. Pero, tal como las técnicas industriales trajeron diversos y baratos tipos de conectores, esas mismas técnicas trajeron los productos químicos capaces de defender a la madera del fuego y de los agentes biológicos que la destruyen.

Para que tales productos químicos fueran utilizables no bastaba con disponer de ellos, sino también de procedimientos para impregnar la madera. (Además, obviamente, de asegurarse que tales productos no tuvieran efectos adversos sobre la salud de los seres humanos que habitaran la vivienda).

Ambas cosas están hoy disponibles y su empleo generalizado no sólo debería solucionar los problemas recién enunciados sino otros que, aunque relativamente menores, vale la pena hacer explícitos.

En primer lugar hay que señalar que la madera recién obtenida de un árbol cortado hace poco tiempo tiene un alto contenido de humedad y que, el ir ajustándose con el tiempo al equilibrio con el medio se deforma. Una de estas deformaciones es la contracción que, si supera ciertos límites, hace que la madera se raje. La otra deformación importante es la torsión que, dependiendo de la especie, puede alcanzar medidas significativas. Cabe hacer notar que ambos procesos desarrollan esfuerzos muy intensos, capaces de romper uniones aparentemente muy sólidas.

Aunque nunca debe emplearse lo que se llaman "madera verde" es decir recién cosechada, sin antes someterla a un proceso de secado, aunque éste no consista más que en dejar que la madera se ajuste, con tiempo, a las condiciones del ambiente, vale la pena señalar que los fenómenos anotados son menos marcados en las maderas más densas, que son por lo general también las más duras.

Hasta hace unas pocas décadas, tanto en Chile como en la mayoría de los países de la América del Sur, una planta maderera consistía en una o varias sierras circulares que cortaban los troncos a lo largo y obtenían piezas de sección rectangular que luego se sometían a un proceso de lento (y generalmente insuficiente) secado al aire, antes de enviarlas al mercado.

La vieja sierra circular, que reducía a aserrín una parte excesiva del tronco, ha sido reemplazada por sierras de cintas bastante más eficientes, y se han agregado sistemas industriales de secado que, fuera de más rápidos, tienen resultados más precisos y controlados.

Si se trata de someter a la madera a un proceso de impregnación, será preciso un procedimiento más complejo, que requiere de instalaciones relativamente costosas.

En este caso se requerirá disponer de recipientes de gran volumen (que deben contener las piezas por tratar) y capaces de trabajar a presión en forma hermética. Las piezas se someterán primero a un fuerte descenso de presión (mejor cuando más cercano al vacío) y luego a una impregnación que sature sus poros con las sustancias ignífugas y protectoras de las que en el mercado hay una variada oferta y cuyas propiedades individuales no corresponde, obviamente, tratar aquí.

La madera bien secada y sometida a posterior tratamiento de impregnación mantiene su apariencia y calidez, es fácilmente trabajable y, usada en combinación con los diversos tipos de conexión metálica, logra una construcción de ejecución rápida, durable y segura.

Posiblemente sea el campo de la construcción en madera aquel que en los países latinoamericanos ofrece más espacio para el perfeccionamiento y la modernización. Este noble material no se ha usado sino excepcionalmente en condiciones óptimas de preparación.

La madera de los árboles nativos propios de las zonas de clima templado tiene características de densidad y estabilidad que la hacen especialmente apta para aplicaciones más refinadas, como es la construcción de mobiliario, o la de puertas y ventanas. La proveniente de bosques artificiales, especialmente de pino, es de calidad algo inferior, pero regular y, debidamente tratada, permite la ejecución de estructuras durables y resistentes y, por sobre todo, se trata de un recurso renovable.

En el caso de la madera proveniente de los bosques artificiales, es interesante destacar el hecho de que actualmente existe y se está aplicando la tecnología (que se desarrolló primeramente en Nueva Zelanda) para manejar adecuadamente el desarrollo del bosque y hacer posible la obtención de madera de pino absolutamente sin nudos. La madera de pino sin nudos debería constituir un material muy apropiado para la ejecución de estructuras resistentes y de muebles. La oferta de esta madera de pino sin nudos está sujeta, naturalmente, al plazo que es necesario esperar para el desarrollo y orientación del árbol, ya que son tecnologías que se han comenzado a aplicar hace sólo algunos años.

El informe del cual estas líneas forman parte está orientado a impulsar el mejor uso de los materiales de construcción en varios países latinoamericanos, la mayoría de los cuales tienen importantes zonas de bosque tropical.

Aunque la madera de estos bosques ha sido, en general, poco estudiada corresponde hacer aquí una referencia al tema, potencialmente muy importante.

De la especies provenientes del bosque tropical sólo han sido objeto de explotación sistemática las especies duras y densas similares a la caoba y que se prestan para aplicaciones refinadas. Las demás, de tipos muy variados y de características poco estables, aún dentro de la misma especie, han tenido como destino principal el servir del combustible, cuando no han sido simplemente eliminadas por el fuego para destinar el terreno a usos agrícolas.

Hay aquí un potencial muy poco conocido. La fuente principal de leña podría usarse al menos en parte como fuente de madera estructural. Como se trata de recursos de grandísima importancia cuantitativa, el rendimiento de cualquier esfuerzo en este sentido puede ser muy alto.

Un programa en esta dirección fue emprendido hace unos quince años por la Junta del Acuerdo de Cartagena para investigar las características de las maderas más corrientes existentes en los bosques tropicales de Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Como la mayor parte de la zona selvática del Brasil colinda con la de estos países, la investigación en cuestión es de interés directo para casi todo el continente.

Fluye de aquí una recomendación muy concreta: es preciso saber el estado de los trabajos andinos, conocer si ellos han sido suficientemente divulgados y, sobre todo, si este empeño se ha relacionado activamente con aquellos que, con alta probabilidad, se han llevado adelante en Brasil. En todo caso, lo que haya podido avanzar el Grupo Andino puede servir de base para trabajos de adaptación que puedan iniciarse en los países centroamericanos que disponen de bosques tropicales importantes.

Antes de cerrar este somero comentario sobre el uso regional de la construcción en madera, hay que hacer una acotación de particular importancia sobre su resistencia sísmica.

e) Comportamiento sísmico

La madera, que tiene capacidad de resistir esfuerzos tanto de tracción como de compresión, se presta notoriamente bien para ser usada como material de construcción en zonas frecuentemente sometidas a movimientos sísmicos. Además se trata de un producto relativamente liviano. Es posible con ella construir estructuras que resisten muy bien los esfuerzos provocados por los temblores de tierra los que, para estructuras bajas pueden, simplificando, asimilarse a un brusco y repetido empuje horizontal.

Para evitar que la edificación colapse ante esta sollicitación distinta a la que generan las cargas verticales que la construcción normal está diseñada para resistir, es preciso disponer de elementos soportantes que la contrarresten. En la construcción de madera esto se consigue fácilmente con la colocación de piezas diagonales.

Por lo demás es importante destacar que, normalmente, la madera resiste los esfuerzos de corta duración con una capacidad portante del orden de dos veces la que puede soportar si se trata de cargas constantes. Es esta capacidad temporal extraordinaria la que la hace especialmente valiosa frente a los requerimientos extremos en plazos cortos que se producen como consecuencia de un temblor.

4. Albañilería de ladrillo

El material más corrientemente usado en las construcciones de altura media o baja es el ladrillo de arcilla, que tiene forma de prisma rectangular. Tradicionalmente en Chile esta unidad se ha moldeado en forma artesanal dentro de marcos de madera con dos medidas básicas (hoy se diría "normalizadas" o "estandarizadas") 20 x 40 cm y 15 x 30 cm. La altura, dada también por las dimensiones del molde, de algo más de 6 cm.

Esta pieza de arcilla húmeda se deja secar hasta que se convierte en un prisma desmoldable y relativamente manejable sin que se rompa.

El horno de cocción artesanal está constituido por los propios ladrillos secos, acumulados en forma que dejen espacio para varios fogones y conductos de humo y gases, dispuestos de manera tal como para calentar a una temperatura relativamente alta la masa total del horno cuyas dimensiones son relativamente grandes: 15 a 20 metros de largo y unos cuatro metros o más de altura.

La arcilla se prepara antes de introducirla al molde mediante procedimientos primitivos como el apisonado (animal o humano) y, en raras ocasiones, se cuenta con un trapiche simple.

Al término del proceso de cocción, que dura días alimentado por fuego de leña, se obtiene un paralelepípedo rectángulo de arcilla cocida de dimensiones aproximadas a las del molde en que ha sido formado y de caras más o menos planas.

Para construir los muros, los ladrillos se colocan sobre su cara mayor y, dependiendo de la dirección en que se disponga el eje mayor de la pieza, forman paredes de 15, 20 ó 30 cm de espesor y, excepcionalmente, de 40 cm.

Si se trataba de divisiones no soportantes, en vanos de dimensiones reducidas se usa también el ladrillo de mayor tamaño puesto de canto. Estos tabiques, de poco costo y ejecución rápida se utilizan en lugares donde la aislación acústica y térmica no tenga una gran importancia.

a) Defectos del ladrillo artesanal

Las unidades obtenidas por el procedimiento artesanal descrito son básicamente irregulares y tienen inevitables deficiencias, entre las cuales se deben destacar:

- baja resistencia a la compresión como resultado de una estructura física y química poco pareja y de una temperatura y un tiempo de cocción que sólo ocasional y puntualmente pueden coincidir con los óptimos;
- dimensiones y forma imprecisas, lo que obliga a emplear excesivas cantidades del material que se usa para unirlos (generalmente, aunque no exclusivamente) un mortero de cemento, arena y agua) o para cubrir y dar regularidad a las superficies; (estuco).
- porosidad excesiva, lo que en general (fuera de disminuir la resistencia) disminuye su impermeabilidad o, incluso, lo hace humedecerse por capilaridad.

De los defectos anotados el más grave desde el punto de vista estructural es la baja (o muy irregular) resistencia a la compresión, lo que impide descansar sobre su capacidad de contribuir al efecto portante de la construcción o de soportar adecuadamente los sismos, frente a los cuales los muros tienen una función principalísima ante los esfuerzos de dirección paralela a su propio eje.

En los párrafos anteriores nos hemos referido al típico ladrillo artesanal. Aunque la tendencia actual es la de sustituir estos productos por otros de características más adecuadas y fabricación industrial, esa sustitución no se ha producido totalmente y, en consecuencia, los ladrillos artesanales siguen empleándose habitualmente.

Por eso la detenida mención de sus defectos no tiene, de ninguna manera, la intención de un simple registro histórico, sino que pretende llamar la atención sobre ellos con el propósito de aminorar sus efectos dañinos.

Cabe señalar que, tomando en cuenta las debilidades señaladas, es posible conseguir que las construcciones realizadas con ladrillo artesanal tengan un buen comportamiento estructural y una duración más que razonable.

Por lo demás, como en toda obra artesanal, es posible ejecutar este tipo de ladrillos en una muy vasta gama de niveles de calidad, dependiendo de la elección del material arcilloso, del cuidado con que se muele y revuelva, de la precisión del molde y la forma en que se rellena y, sobre todo, del dominio que el productor tenga del proceso de cocción.

Testigos de lo que en esto puede lograrse son las tan importantes antiguas construcciones en ladrillo que en Brujas, en Florencia y tantas otras ciudades europeas lucen esbeltas e impecables estructuras.

La mención a los defectos de la producción chilena puede considerarse algo exagerada. Sin embargo, en los materiales estructurales no se pueden correr riesgos, especialmente cuando las variaciones de calidad son muy grandes, en cuyo caso conviene manejarse con los valores más bajos.

Las precauciones principales que será preciso tomar en lo referente al uso de ladrillo artesanal será:

- limitar el tamaño de los paños entre pilares, limitando también la carga sobre ellos;
- utilizar un recubrimiento exterior (estuco) que proteja la albañilería del efecto directo de los agentes atmosféricos;
- construyendo sobrecimientos altos, que eviten que la albañilería quede en contacto con el suelo húmedo y evitando así que el agua suba por efecto capilar y dañe los muros. Para evitar asentamientos y deformaciones es muy conveniente que el sobrecimiento sea hecho de hormigón armado.

b) El ladrillo industrial

La arcilla endurecida por el calor es un material de construcción excelente si se logra elaborarlo en condiciones regulares de dimensión y estructura química y física.

Para esto la moderna tecnología ha desarrollado procedimientos que, sin ser demasiado complejos, estrechan muy fuertemente la franja de variación de las características del producto y hacen su uso más seguro y previsible, al mismo tiempo que lo hacen menos frágil en su manipulación y transporte, menos afectable por los agentes atmosféricos y le dan dimensiones y forma más precisa y regular.

La producción industrial de ladrillos de construcción presupone el disponer de un yacimiento importante y de características parejas de material arcilloso. Las características físicas y químicas de este material deben ser previamente investigadas y controladas a lo largo de su explotación.

Este conocimiento íntimo del material de base permitirá que el proceso de preparación (molienda, revoltura, adición de agregados) se haga en cada momento asegurando la obtención de una pasta moldeable en las mejores condiciones y cuyas exigencias de

temperatura y tiempo de cocción sean predeterminables, estables y precisas.

La pasta preparada de manera continua se somete luego a presión, la cual, fuera de eliminar poros y otras imperfecciones, la obliga a fluir a través de una boquilla cuyas dimensiones precisas determinan la forma y dimensión de la sección transversal de los ladrillos.

Sale así de la máquina formadora, y apoyándose sobre un sistema de transporte continuo, una cinta de pasta arcillosa que se corta, a intervalos perfectamente regulares, mediante (corrientemente) un sistema de alambres tensados.

La fila de prismas rectangulares resultantes avanza luego a un horno, en muchos casos también continuo, donde el material es, primero, sometido a un proceso de secado, y luego a uno de cocción que le confiere sus características físicas definitivas.

Este producto industrial tiene una resistencia casi constante que, por lo demás, se verifica regularmente mediante ensayos. Es posible, por lo tanto, confiar a la albañilería que con él se construya funciones estructurales definidas. Se trata de un producto poco permeable, que resiste bien la exposición al exterior y no necesita de recubrimientos protectores. La precisión de sus medidas y la cercanía de sus caras a la condición de planos perfectos hacen que la cantidad de mortero necesario para unirlos sea muy pequeña y su colocación rápida. Por último, la capa de estuco necesaria (por lo general, sólo para los muros interiores) es también muy delgada y de ejecución fácil.

Las ventajas del ladrillo producido industrialmente hacen que éste desplace fácilmente al de ejecución artesanal cuando existe una demanda regular que justifique las necesarias instalaciones productivas. Sin embargo, la incidencia del costo de transporte sobre el precio del producto puesto en obra hace que, para obras medianas y pequeñas ubicada en puntos relativamente aislados, sea preciso todavía recurrir al viejo sistema artesanal.

En los ladrillos industriales no se ha producido, a lo menos en Chile, una normalización de dimensiones como las que el tiempo había impuesto en la fabricación de ladrillos artesanales. Se mantiene ahí una cierta dispersión, producto tanto de las tendencias derivadas de las características del equipo productivo, como de la aparición de formas especiales que tienen determinadas ventajas y tienden también a imponer ciertas dimensiones. Existen así, por ejemplo, los llamados "ladrillos huecos", cuya sección transversal está atravesada por perforaciones longitudinales que, en conjunto, tienen una superficie mayor que la de la arcilla remanente.

Estos "ladrillos huecos" tienen magnificas cualidades como aislantes acústicos y térmicos y, como son muy livianos, se prestan para usarlos como material de tabiques en edificios de altura.

c) Otros ladrillos y bloques

El empleo del prisma rectangular como material de construcción, cuyo antecedente más noble es la piedra de las catedrales, es de empleo inmemorial. De inicios temporales quizás anteriores a la propia piedra es el adobe, es decir el ladrillo de tierra arcillosa simplemente secado al sol, y sin cocer, que fue tan ampliamente usado en la antigüedad en diversas regiones del planeta, en particular en América.

En los últimos decenios, con fortuna variable, han hecho su aparición diversas soluciones constructivas que, apartándose de la arcilla como material base, han continuado utilizando la fórmula de la "unidad apilable" para constituir muros.

En estas soluciones se han utilizado fórmulas diversas, utilizando, en algunos casos, materiales locales como puzzolana, piedra pómez y otros materiales volcánicos.

Entre todas ellas destaca por sus características especiales la fabricación de bloques de hormigón. Estos bloques, constituidos por áridos y cemento, son de formas variables. En general huecos, tienen el espesor del muro que se quiere construir y admiten, por el juego de huecos y paredes, formas bastante variadas que permiten que, por ejemplo, puestos en esquina formen a la vez el moldaje y el recubrimiento de un pilar de hormigón, o, adoptando la forma de canaleta abierta hacia arriba, cumplan similar función para la cadena superior de un muro.

Los bloques de hormigón se utilizaron ampliamente en Chile y en los otros países de la región en la construcción habitacional hasta la década de los años 60, para ir disminuyendo posteriormente su uso hasta el presente, en que su empleo ha pasado a ser más limitado.

Las razones de su menor utilización han correspondido principalmente al mayor costo que suelen alcanzar en relación a los ladrillos, a razones arquitectónicas, ya que en general se considera más adecuada la terminación superficial que suele obtenerse con muros de ladrillos. Otro factor negativo para el empleo de bloque de hormigón es el hecho de que la superficie de contacto entre dos hilados de bloques es generalmente muy pequeña, lo que produce fácilmente grietas en la eventualidad de un sismo.

En todo caso, se han desarrollado en los últimos años otras formas, terminación superficial y colorido de los bloques de hormigón, que permiten considerarlos como una alternativa válida respecto al ladrillo, especialmente en países o zonas que no disponen de buenas arcillas para su elaboración. Como es sabido, el transporte a distancia de ladrillos resulta muy inconveniente, por representar un costo demasiado alto en relación al precio mismo del ladrillo, por lo que en esos casos la opción del bloque de hormigón es perfectamente posible y en muchos casos conveniente.

5. Aluminio

El empleo del aluminio en la construcción de viviendas es relativamente nuevo, pero es indudable que su uso ha crecido, especialmente en algunos países y en algunos rubros específicos de la construcción, tales como muros cortina, cubierta de techo, ventanas, cierres de terrazas, paneles de aislación térmica, etc.

El aluminio presenta excelentes condiciones como material apropiado para la construcción de vivienda, por su alta resistencia a la corrosión, su bajo peso específico y por ser un material fácil de maquinar, doblar, estirar, etc. Su empleo es competitivo con el uso del acero inoxidable y con el acero galvanizado y en los últimos años con el galvalum, acero con revestimiento de zinc y aluminio, que a su vez ha reemplazado en gran medida al acero galvanizado en la actividad de la construcción en la mayor parte de los países de América Latina y el Caribe.

La competencia entre el aluminio y el galvalum es actualmente muy fuerte. Ambos sectores productivos hacen grandes esfuerzos por mejorar sus condiciones de oferta y ser así más competitivos. Esta situación es favorable para la construcción de viviendas, pues todos estos esfuerzos redundan en mejores condiciones de oferta de los productos y en el desarrollo de tecnologías que disminuyen los costos de la construcción y sus aplicaciones.

El aluminio mejora notablemente sus condiciones con el proceso de anodizado, que es un proceso sencillo y de bajo costo, que permite obtener secciones de aluminio en diversos colores y con una mayor resistencia a la corrosión que en el caso del aluminio sin tratamiento superficial.

Otro factor que suele influir en el consumo de aluminio en la construcción de vivienda es el clima de los países, que puede determinar condiciones de mayor corrosión para el acero y así contribuir a un mayor empleo del aluminio. Así, en países de clima tropical, como son casi todos los países del Caribe, con ambientes de temperaturas altas y de mucha humedad, se utilizan menos los elementos de acero y en cambio se utilizan extensamente las puertas de aluminio y las ventanas de aluminio del tipo de celosía abatible, cuyo empleo es prácticamente obligado en todas las viviendas, por su mayor resistencia a la corrosión y por no demandar ninguna mantención.

El aluminio es muy adecuado para utilizarlo en la construcción de vivienda en forma de paneles, molduras y secciones diversas prefabricadas, obteniéndose así las ventajas de la construcción con elementos prefabricados, que se detallaron anteriormente.

Un factor que ha limitado parcialmente el empleo del aluminio en la construcción de viviendas es su costo, relativamente alto. Esto ha significado un bajo nivel de utilización del aluminio, especialmente en la construcción de viviendas económicas.

De los seis países estudiados en la región, el único que produce aluminio primario en cantidades importantes es Brasil. México posee una planta relativamente pequeña, que ha operado con costos altos. En Chile no se produce aluminio primario, sólo se transforma en diversas secciones el aluminio metálico importado en lingotes o se relaminan bobinas de aluminio importadas como rollos de plancha delgada. Los restantes países, El Salvador, Jamaica y Perú, tampoco poseen plantas de producción de aluminio primario.

Las distintas secciones en perfiles de aluminio se obtienen en prensas de extrusión. Pueden ser secciones tubulares, semihuecas o sólidas, que pueden ofrecerse con terminación "natural" o bien "anodizados" para su mejor presentación y resistencia a la corrosión.

C. MATERIALES COMPUESTOS

1. Paneles modulares prefabricados

Cada vez es más frecuente el empleo de paneles prefabricados en la construcción de viviendas. Estos paneles se utilizan como tabiques divisorios o muros delgados no resistentes, como cielo falso de las construcciones y en múltiples otros usos similares.

El empleo de paneles prefabricados presenta, en general, las siguientes ventajas en una construcción.

- Disminución del peso de material para conformar la tabiquería de la obra, generando ahorros de fletes.
- Rapidez para el montaje de la tabiquería en obra.
- Eliminación de pérdidas o mermas de material en comparación con la construcción de tabiquería en terreno.
- Eliminación de tiempos de espera de secado en obra de la tabiquería.
- Disminución del número de personas trabajando en cada obra.
- Aumento de la aislación térmica y acústica de la tabiquería.
- Aumento de la superficie útil construida debido al menor espesor de la tabiquería.

Los paneles prefabricados deben presentar diversas características o propiedades que suele ser difícil obtener de un solo material. Por este motivo es común el empleo de paneles formados por dos o más materiales distintos, que combinan así las propiedades favorables de cada uno de ellos.

Las principales características favorables o propiedades que se suele pedir a un panel prefabricado son:

- Liviano (bajo peso específico)
- Resistencia a golpes y al desgaste
- Resistencia a la corrosión.
- Aislación térmica

- Aislación acústica
- Resistencia al fuego y a la humedad
- Buena terminación exterior (aspecto agradable). Incluso caras exteriores prepintadas para evitar pinturas en obra.

Como los paneles prefabricados se diseñan para ser montados en obra, deben tener dimensiones exactas y ser modulares a las dimensiones de la obra (o bien la obra se hace con dimensiones que correspondan a múltiplos exactos de las medidas de determinados paneles).

Como el panel prefabricado se diseña para ser montado en obra, fijándolo a las estructuras y muros soportantes de la construcción, suele incluir ganchos u otros sistemas adecuados de amarre para facilitar su colocación.

Para poder cumplir con todas las propiedades que se le exige, el panel prefabricado suele estar formado como un conjunto de distintos materiales. Así, los paneles pueden estar formados, por ejemplo, por los siguientes materiales :

- Alma de poliestireno expandido (muy liviano y gran aislante térmico y acústico)
- Paneles de hormigón liviano
- Paneles con alusa de yeso
- Alma del panel de muchos otros posibles materiales, generalmente livianos y aislantes.
- Cubiertas exteriores (pueden ser metálicas, de asbesto-cemento, maderas, cartón, etc.)

Las cubiertas exteriores metálicas de los paneles prefabricados suelen ser de :

- Acero prepintado
- Galvalum
- Aluminio anodizado
- Acero galvanizado

La gama de productos con que se forman los paneles prefabricados es muy amplia y varía constantemente por la incorporación de nuevos productos, con el respaldo de distintas marcas y nombres comerciales.

Algunos paneles se han diseñado para recibir también, en su interior, instalaciones eléctricas, sanitarias o de otro tipo. Se trata, en este caso, de tabiques especiales.

En todos los países de la región que son objeto del presente estudio existe oferta local de paneles prefabricados, pero esta oferta varía mucho según la situación general de la construcción en cada país y la mayor o menor proporción de obras en que se emplea la construcción con elementos prefabricados o bien predomina la construcción más tradicional, in situ.

De los países estudiados, se utilizan relativamente más en México y Brasil (Minas Gerais) y en forma más limitada en el resto.

2. Artefactos sanitarios

Los artefactos destinados a la higiene de las viviendas y otras construcciones son, en términos generales, sistemas complejos formados por depósitos que reciben los residuos o excretas y sistemas de cañerías y válvulas que, por una parte transportan agua que será usada como elemento de limpieza y, por otro, permiten el escurrimiento del agua servida hacia conductos públicos de desagüe.

En otros párrafos nos referimos a las cañerías y válvulas, haremos aquí un comentario respecto a los receptáculos, ubicados en baños y cocinas. En la construcción moderna dichos receptáculos son básicamente de dos tipos: de loza y de acero inoxidable. Los primeros son de arcilla de características especiales, moldeados y cocidos a muy alta temperatura, capaz de vitrificar la capa exterior del mismo material. Los segundos son piezas por lo general estampadas de una sola lámina de acero inoxidable. La calidad de los artefactos de loza está determinada principalmente por la fidelidad con que se consiga la forma buscada después de la cocción y, sobretodo, por la perfección de la superficie vitrificada que, si tuviera poros u otras imperfecciones, generaría focos de infección o, incluso obstáculos al escurrimiento.

Creemos importante subrayar que los sistemas sanitarios de las construcciones modernas emplean una gran cantidad de agua para satisfacer las necesidades de grupos humanos relativamente reducidos. Visto que el agua dulce es un recurso crecientemente escaso, se hace preciso llamar la atención sobre la necesidad de cuidar su uso y a que una consideración principal en la determinación de los sistemas sanitarios debiera basarse en la menor cantidad de agua necesaria para su funcionamiento.

Existen en este momento en el mercado diferentes productos capaces de proporcionar igual servicio con menor cantidad de agua. A iguales condiciones, debieran ser preferidos.

Los artefactos de loza y los de fierro o acero enlosado se han utilizado extensamente desde hace muchos años. Los de acero inoxidable son mucho más nuevos y corresponden solo a algunos tipos de artefacto, por ejemplo, lavaplatos, en que han podido apropiarse de una parte muy importante del mercado.

Actualmente la mayor parte de las tinas de baño y de los receptáculos de ducha se hacen con acero estampado en frío extraprofundo, que se estampa por presión en una prensa y luego se esmaltan en caliente.

ANEXO

Cuadro 1

INVERSIÓN EN CONSTRUCCIÓN EN CHILE (1991 - 1994)

SECTOR	EFFECTIVO ESTIMADO (Millones US\$ 1993)			
	1991	1992	1993	1994
VIVIENDA	1 502	1 807	2 080	1 925
- Público	328	355	337	368
- Privado	1 174	1 452	1 742	1 557
INFRAESTRUCTURA	2 345	2 486	2 806	3 027
- Pública	604	670	777	922
- Privada	1 741	1 815	2 029	2 106
CONSTRUCCIÓN TOTAL	3 847	4 293	4 885	4 953
- Pública	932	1 025	1 114	1 290
- Privada	2 915	3 267	3 771	3 663
PIB del país	37 399	41 243	43 704	45 671

Fuente: Cámara Chilena de la Construcción.

Cuadro 2

CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN CHILE

NÚMERO DE VIVIENDAS (Permisos construcción viviendas)				SUPERFICIE EN MILES DE M2	NÚMERO ANUAL DE SUBSIDIO HABITACIONAL
AÑO	PUBLICO	PRIVADO	TOTAL		
1960	22 080	8 617	30 697	1 780	---
1970	5 914	20 317	26 231	1 935	---
1980	23 708	22 576	46 284	3 214	7 674
1990	66 956	11 948	78 904	4 495	31 109
1991	68 376	20 105	88 481	5 213	27 632
1992	76 631	29 038	105 669	6 877	30 853
1993	75 528	41 855	117 383	7 055	28 859
1994 ^{a/}	80 700	30 000	110 700	6 039	30 000

Fuente: I.N.E. Instituto Nacional de Estadísticas. Chile.

a/ Las cifras de 1994 son estimadas.

Cuadro 3

PRODUCCIÓN DE CEMENTO EN PAÍSES SELECCIONADOS DE AMÉRICA LATINA
(en miles de toneladas)

PAÍS	PRODUCCIÓN DE CEMENTO ANUAL (en miles de toneladas)				
	1989	1990	1991	1992	1993
BRASIL	26 508.0	25 848.0	27 492.0	23 902.0	24 840
CHILE	2 010.3	2 115.2	2 250.8	2 660.3	3 020
EL SALVADOR	447.0	443.5	693.0	759.7	800
JAMAICA	444.1	445.5	396.8	473.6	n.d.
MÉXICO	24 044.4	24 289.0	24 784.6	26 641.4	27 600
PERÚ	2 104.6	2 185.0	2 138.6	2 056.4	2 440

Fuente: Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe. CEPAL Edición 1993. Cifras de 1993 corresponden a "The Global Cement Report". International Cement Review, 1994.

Cuadro 4

CAPACIDAD ANUAL DE PRODUCCIÓN DE ACERO EN PAÍSES
SELECCIONADOS DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE
(en miles de toneladas)

PAÍS	PLANTAS INTEGRADAS	PLANTAS SEMIINTEGRADAS	TOTAL
BRASIL	24 550	3 798	28 348
CHILE	1 050	95	1 145
EL SALVADOR	---	140	140
JAMAICA	---	---	---
MÉXICO	8 700	2 481	11 181
PERÚ	570	200	770

Fuente: ILAFA. Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero. 1994.

Cuadro 5

PRODUCCIÓN DE BARRAS PARA HORMIGÓN ARMADO (CABILLAS)
EN PAÍSES SELECCIONADOS DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE
(en miles de toneladas)

PAÍS	1990	1991	1992
BRASIL	2 343.0	1 986.0	2 076.0
CHILE	116.7	91.1	132.7
EL SALVADOR	15.0	20.0	24.2
JAMAICA	---	---	---
MÉXICO	1 859.7	1 714.4	1 834.5
PERÚ	139.9	151.1	143.4
TOTAL	4 474.3	3 962.5	4 201.8

Fuente: ILAFA. Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero.
Anuario Estadístico 1993.