

ESTANDARIZACIÓN DE MEDIDAS DE PARTES Y PIEZAS DE COMPONENTES DE LA CONSTRUCCIÓN



CONSTRUYE 2025



idiem[®]

Investigación, Desarrollo
e Innovación de Estructuras
y Materiales

División Hormigones

Sección Hormigones

Ejemplar N° 01	N° Páginas 104	Revisión N° 0
Informe N° 1.347.839		Ref.: SHI.2017-071-B

NOMBRE		FECHA
Elaborado por:	Jacques Bornand A.	30-11-2017
Revisado por:	David Silva S.	02-01-2018
	Juan Pablo Yumha E.	04-12-2017
Aprobado por:	Miguel Figueroa N.	05-01-2018
Destinatario:	CONSTRUYE 2025	05-01-2018



fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

CONTENIDO

1.	RESUMEN EJECUTIVO	6
2.	ALCANCE	8
3.	INTRODUCCIÓN	9
3.1.	Motivación General - Programa Construye 2025	9
3.2.	Motivación del Estudio	10
4.	OBJETIVOS.....	11
4.1.	Objetivo Principal.....	11
4.2.	Objetivos Específicos	11
5.	METODOLOGÍA	12
6.	ORGANIZACIÓN DEL ESTUDIO	13
6.1.	Prefabricación de componentes y su impacto en la productividad.....	13
6.2.	Levantamiento internaciones de estrategias y líneas de acción	13
6.3.	Diagnóstico nacional	14
6.4.	Propuesta de estrategia habilitante	14
7.	PREFABRICACIÓN DE COMPONENTES Y SU IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD	15
7.1.	Contexto general e histórico de la prefabricación de componentes.....	15
7.2.	Motivación de la introducción de sistemas y componentes prefabricados	16
7.2.1.	Malasia	19
7.2.2.	Singapur	19
7.3.	Sistemas de Construcción	20
7.3.1.	Sistemas prefabricados completos	20
7.3.2.	Construcción tradicional con componentes secundarios prefabricados.....	21
7.4.	Coordinación entre el diseñador y el fabricante de componentes.....	22
7.5.	Coordinación Dimensional.....	23
7.6.	Sistemas Abiertos y Cerrados	23
7.7.	Pilares Principales	24
7.7.1.	Coordinación Modular	25
7.7.2.	Medidas Preferentes	27

ESTANDARIZACIÓN DE MEDIDAS DE PARTES Y PIEZAS DE COMPONENTES DE LA CONSTRUCCIÓN

7.7.3. Tolerancias dimensionales.....	27
7.7.4. Pilares Principales en la cadena de valor de la construcción.....	28
7.8. Impactos en la Productividad	29
7.8.1. Impacto en los plazos de los proyectos	29
7.8.2. Impacto en los costos de los proyectos.....	30
7.8.3. Impacto en la calidad de los proyectos.....	33
7.8.4. Impactos generales por estandarización de medidas.....	34
7.9. Building Information Modeling (BIM) y la Estandarización de Medidas.....	35
7.10. Conclusiones del Capítulo.....	38
8. LEVANTAMIENTO INTERNACIONAL DE ESTRATEGIAS Y LINEAS DE ACCIÓN	41
8.1. Normativa	42
8.1.1. Coordinación Modular	43
8.1.2. Medidas Preferentes	45
8.1.3. Tolerancias dimensionales.....	48
8.1.4. Conclusiones	51
8.2. Fomento.....	52
8.2.1. Levantamiento	52
8.2.2. Malasia	53
8.2.3. Singapur	55
8.2.4. Resumen	56
8.3. Difusión	56
8.3.1. Levantamiento General	56
8.3.2. Malasia	58
8.3.3. Singapur	58
8.3.4. Resumen	59
8.4. Resumen del levantamiento internacional.....	60
8.4.1. Normativa.....	60

8.4.2. Incentivos y Regulaciones	61
8.4.3. Promoción y Difusión	61
8.4.4. Cuadro resumen	61
9. DIAGNÓSTICO NACIONAL	63
9.1. Normativa	63
9.2. Fomento.....	68
9.3. Difusión y Capacitación.....	69
9.4. Coordinación entre agentes	70
9.5. Resumen de Diagnóstico Nacional	71
9.5.1. Normativa	71
9.5.2. Incentivos y Regulaciones.....	71
9.5.3. Difusión y Capacitación.....	72
9.5.4. Coordinación entre agentes	72
9.5.5. Principales Brechas.....	72
10. PROPUESTA DE ESTRATEGIA HABILITANTE.....	74
10.1. Ejes de Trabajo.....	75
10.1.1. Objetivos.....	75
10.2. Líneas de Acción	76
10.2.1. EJE 1 – Normalización	76
10.2.2. EJE 2 – Fomento.....	80
10.2.3. EJE 3 – Difusión y Capacitación.....	82
10.2.4. EJE 4 – Coordinación entre Actores	86
10.3. Propuesta de Programa	89
10.3.1. Programa general de estrategia habilitante	89
10.3.2. Programa de Ejes de Trabajo	90
10.3.3. Programa de Actividades	92
10.4. Recomendaciones para la implementación.....	97

10.4.1. Acciones críticas traccionantes	97
10.4.1.1. Alineamiento de Reglamentaciones	97
10.4.1.2. Poder de compra del Estado	97
10.4.1.3. Fortalecimiento Librería BIM	98
10.4.2. Recomendaciones de diseño y construcción	98
10.4.3. Entidad encargada de implementación	100
11. RESULTADOS GENERALES	101
11.1. Levantamiento Internacional	101
11.2. Diagnóstico Nacional	102
11.3. Estrategia Habilitante	103

1. RESUMEN EJECUTIVO

El Programa Estratégico Nacional Productividad y Construcción Sustentable (Construye 2025), tiene como finalidad apoyar el desarrollo de la industria de la construcción en Chile, propiciando transformarla en una más productiva y sustentable. En este contexto, con el fin de mejorar la productividad en la construcción de edificaciones a través del uso de componentes prefabricados e industrializados, se solicita este estudio denominado: “Estandarización de Medidas de Partes y Piezas de Componentes de la Construcción”.

El presente estudio tuvo por objetivo principal establecer una propuesta estratégica, en el ámbito de la estandarización de medidas de partes y piezas de componentes de la construcción, que habilite y fomente el uso de componentes prefabricados, con medidas estandarizadas, en los proyectos de construcción a nivel nacional.

El estudio comprendió el levantamiento internacional de normativa referente a la coordinación de dimensiones y estandarización de medidas de componentes de la construcción, en donde se pudieron identificar las siguientes tendencias normativas, referentes a tres pilares principales identificados en la estandarización de medidas.

- Coordinación Modular: La tendencia de los países ha sido la de consolidar y disminuir el número de normas asociadas a la coordinación modular y tomar como base la normativa ISO para su desarrollo.
- Medidas Preferentes: La normativa de medidas preferentes no tiene un impacto significativo en la estandarización de medidas de componentes. La regulación propia del mercado ha resultado ser una herramienta más eficaz en este ámbito.
- Tolerancias Constructivas: En términos de tolerancias constructivas, la tendencia en los países ha sido la de generar manuales técnicos de tolerancias admisibles, más que la desarrollar normativa específica en este ámbito.

Adicionalmente, en la revisión internacional se pudieron identificar distintas tendencias relacionadas al fomento de la construcción industrializada y el aumento de la productividad en general, en las cuales se abordan temas de estandarización de medidas. En los países en vías de desarrollo estudiados (Malasia y Singapur) existen planes gubernamentales de fomento, en donde existen incentivos y algún grado de obligatoriedad, en algunos proyectos, para introducir sistemas de construcción optimizados o industrializados. Por otra parte, en los países desarrollados, en los cuales se puede observar un nivel de madurez mayor en la industria, no existe obligatoriedad en el uso de sistemas especiales de construcción, sin perjuicio de lo anterior, pueden observarse, en algunos casos, incentivos para desarrollar una industria más avanzada y tecnificada, que permita abrir mercados a través del desarrollo de nuevas tecnologías en construcción.

Las líneas de acción identificadas en el levantamiento internacional, y que son consideradas como base para la propuesta estratégica, son aplicables a la construcción en general. Los beneficios de esta implementación deberían reflejarse tanto en proyectos de construcción tradicional, que incorporan algunos componentes prefabricados, como en proyectos de construcción industrializada.

A nivel nacional existen proyectos de desarrollo y actualización de normativa referente a coordinación modular, medidas preferentes y tolerancias constructivas, por lo cual, si bien en algunos pilares se identificó que el desarrollo de normativa no es lo que generaría el mayor impacto en la implementación, estos proyectos presentan igualmente una clara oportunidad para generar un marco de estandarización, considerando los lineamientos internacionales revisados y las recomendaciones particulares en este ámbito.

Las principales brechas identificadas a nivel nacional corresponden a:

- a. Regulaciones o especificaciones que no se encuentran alineadas con medidas estandarizadas de componentes.
- b. La coordinación entre actores es escasa en los proyectos de construcción.
- c. En la práctica, en la gran mayoría de los proyectos no existe un diseño integrado, detallado y temprano.
- d. Las desviaciones dimensionales típicas de la construcción tradicional no son compatibles con las tolerancias admisibles de los componentes prefabricados.
- e. Los modelos de contratos en los proyectos de construcción no incorporan incentivos para cumplir con un cierto grado de calidad, sino que, en general, se basan casi únicamente en el avance de las partidas.

Se plantea una estrategia que, a través de líneas de acción y actividades específicas, apunta a lograr una habilitación y fomento de la utilización de componentes prefabricados, de dimensiones estandarizadas, en la construcción. La estrategia habilitante consta de 4 ejes de trabajo: (i) Normalización, (ii) Fomento, (iii) Difusión y Capacitación y (iv) Coordinación entre actores. Estos ejes se desarrollan transversalmente a los 3 pilares principales identificados en la estandarización de medidas (Coordinación Modular, Medidas Preferentes y Tolerancias Constructivas). Lo anterior sugiere la necesidad de establecer una entidad encargada de implementar las distintas líneas de acción y actividades específicas propuestas. Esta entidad podría estar al interior del Consejo de Construcción Industrializada o de la Cámara Chilena de la Construcción.

De las líneas de acción propuestas, se consideran particularmente relevantes de destacar, por su capacidad traccionante en la estrategia habilitante y claves para éxito en la implementación del programa propuesto, las siguientes:

- Alineamiento de Reglamentaciones: Como herramienta habilitadora de la estandarización de dimensiones, que además genere un escenario propicio para la utilización de componentes estandarizados, sin recurrir a especificaciones mandatorias.
- Poder de compra del Estado: Uso del poder de compra del Estado para generar proyectos que incorporen una estandarización dimensional desde el diseño hasta los componentes utilizados. Lo anterior es clave para generar experiencias en este ámbito y evaluar los impactos de las herramientas propuestas, además de fomentar un mercado particular de componentes “estándar”.
- Fortalecimiento Librería BIM: Para generar una racionalización de la construcción desde el diseño, que permita generar proyectos que consideren componentes reales y disponibles en el mercado, con medidas estandarizadas en la práctica, lo cual genere un aprovechamiento de los materiales y compatibilidad de los componentes en obra.

2. ALCANCE

A petición del “Programa estratégico Nacional Productividad y Construcción Sustentable” (Construye 2025), en el contexto de la formulación de un portafolio de proyectos del “Plan Industrialización y Construcción limpia”, se ha desarrollado este estudio, denominado “Estandarización de Medidas de Partes y Piezas de Componentes de la Construcción”.

El estudio tiene por objetivo, a través de una revisión bibliográfica de experiencias en el extranjero y un diagnóstico a nivel nacional, entregar estrategias y líneas de acción, en el ámbito de la estandarización de medidas de partes y piezas de componentes de la construcción, que contribuyan en la habilitación y el uso de componentes prefabricados en la construcción.

El presente informe cuenta además con los siguientes anexos.

Anexo A. Detalle de normativa levantada.

Anexo B. Detalle de levantamiento de medidas de Puertas y Ventanas.

Anexo C. Bibliografía.

3. INTRODUCCIÓN

3.1. Motivación General - Programa Construye 2025

El programa CONSTRUYE2025 constituye una plataforma para que el sector privado construya, en conjunto con el sector público, la academia y los trabajadores del sector construcción, una industria moderna y eficiente, con lineamientos de largo plazo, que logren una mejora sostenida en los índices de productividad y sustentabilidad en las obras de construcción.

El Programa busca transformar al sector de la construcción desde la perspectiva de la sustentabilidad y productividad, para lograr un desarrollo nacional con equidad social, económica y medioambiental. La propuesta de valor de este programa es el planteamiento de una visión que logra proponer al sector de la construcción una perspectiva holística sustentable, que da respuesta a los desafíos mundiales del cambio climático y coloca los énfasis de las acciones que se deben abordar.

La visión de Construye 2025 es:

“Una Industria de la Construcción Sustentable y competitiva a nivel global, líder en la región, comprometida con el desarrollo del país a través de la incorporación de innovación, nuevas tecnologías y fortalecimiento del capital humano, teniendo como foco el bienestar de los usuarios y el impacto a lo largo del ciclo de vida de las edificaciones.”¹

Como parte de la estrategia de implementación de la Hoja de Ruta del Programa, se ha diseñado una propuesta para el “Plan Industrialización y Construcción Limpia”, que tiene como objetivo mejorar la competitividad de las empresas nacionales en la fase de diseño y construcción de obras de edificación, aumentando su productividad e implementando una construcción más limpia y con menor impacto en el medio ambiente, a través de la estandarización, industrialización y prefabricación de componentes, la formación de capital humano y la reducción de residuos, considerando el ciclo de vida de las edificaciones y su cadena de valor.

¹Fuente: <http://www.construye2025.cl>

3.2. Motivación del Estudio

Dentro de los factores principales que afectan la productividad, la tecnología aplicada y los insumos industrializados juegan un rol importante, sobre todo considerando la escasez de mano de obra calificada hoy en día en la construcción.

La introducción de procesos industrializados parece una herramienta útil en la cual se podría profundizar con el objetivo de aumentar la productividad en la construcción. No obstante, en Chile se ha indagado sólo superficialmente en el área de industrialización de la construcción con componentes prefabricados, por lo cual hoy en día no existen parámetros de consenso que permitan establecer, a partir del diseño, metodologías constructivas que incorporen nuevas tecnologías, insumos estandarizados y elementos prefabricados para optimizar las actividades constructivas y disminuir la influencia en la productividad que significa contar con mano de obra escasamente calificada.

Dentro del ámbito de la construcción con componentes prefabricados/modulares, la estandarización de éstos y la coordinación dimensional que debe existir en la construcción es clave para el éxito en su implementación. La estandarización respecto a la coordinación de dimensiones debe abordarse desde el diseño de las edificaciones, con una proyección consiente de las tareas y actividades integrales que deben llevarse a cabo en cualquier proyecto de construcción.

Si bien existen diversas experiencias particulares de coordinación de dimensiones, con medidas específicas para cada proyecto, los beneficios económicos de la prefabricación de componentes pueden aprovecharse en mejor medida diseñando elementos adaptables a diversos proyectos, a través de una coordinación general de dimensiones y una estandarización de los componentes que se utilicen, aprovechando a su vez las economías a escala que podrían generarse, al considerar componentes estandarizados o de medidas regulares, que pudieran encontrarse fácilmente disponibles en el mercado y a un menor costo.

A raíz de lo anterior, y con el fin de mejorar la productividad en la construcción de edificaciones a través la introducción de componentes prefabricados, es que se solicita la realización del estudio denominado “Estudio y Benchmarking internacional: Estandarización de Mediciones de Partes y Piezas de Componentes de la Construcción”, el cual es adjudicado al Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación de Estructuras y Materiales, de la Universidad de Chile, IDIEM.

Este estudio aborda el levantamiento de estrategias y líneas de acción, en el ámbito de la estandarización de medidas de partes y piezas de componentes de la construcción, que han llevado a cabo diversos países que han implementado sistemas de construcción optimizados, principalmente, a través del uso de componentes industrializados, para así generar una propuesta estratégica y líneas de acción a nivel nacional, que promuevan la habilitación y uso, en la práctica, de componentes prefabricados en los proyectos de construcción en el país.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo Principal

El objetivo principal del estudio es proponer una estrategia, con sus respectivas líneas de acción, en el ámbito de la estandarización de medidas de partes y piezas de componentes de la construcción, que habiliten el uso de componentes prefabricados en los proyectos de construcción a nivel nacional.

4.2. Objetivos Específicos

Para lograr el objetivo principal, el estudio contempla los siguientes objetivos específicos:

1. Realizar una revisión bibliográfica, identificando las características generales de la coordinación de dimensiones en los proyectos de construcción y levantando los impactos en productividad que genera la incorporación de sistemas industrializados con componentes prefabricados.
2. Levantar y analizar estrategias y líneas de acción, a nivel internacional, referentes a la estandarización de medidas de partes y piezas de componentes de la construcción, que han ayudado a habilitar el uso de componentes prefabricados estandarizados.
3. Realizar un diagnóstico a nivel nacional, identificando brechas y oportunidades que permitan definir estrategias y líneas de acción para habilitar el uso de componentes prefabricados de dimensiones estandarizadas.
4. Elaborar una propuesta de una estrategia, con sus respectivas líneas de acción, en el ámbito de la estandarización de medidas de partes y piezas de componentes de la construcción, que habilite el uso de componentes prefabricados en los proyectos de construcción a nivel nacional.
5. Adicionalmente, se levanta información relevante sobre los sistemas BIM (Building Information Modeling), en relación a la estandarización de medidas de partes y piezas de componentes de la construcción.

5. METODOLOGÍA

La metodología y actividades a desarrollar en este estudio se indican a continuación:

1. Identificación de características generales de la coordinación de dimensiones y la estandarización de medidas, que permitan generar lineamientos de búsqueda a considerar en el levantamiento de información, referente a la estandarización de medidas de componentes.

Levantamiento de impactos en la productividad, principalmente en plazos y calidad, en proyectos de construcción que incorporen sistemas industrializados con componentes prefabricados.

2. Levantamiento de información, referente a estrategias y líneas de acción, en el contexto de la estandarización de medidas de partes y piezas de componentes de la construcción, en países seleccionados, que han implementado sistemas de construcción con componentes industrializados.
3. Diagnóstico nacional que permita evidenciar las brechas y oportunidades referidas a las estrategias y líneas de acción levantadas en otros países, con el objetivo de definir propuestas que ayuden a la habilitación del uso de componentes prefabricados en el país.
4. Definición de propuesta estratégica con sus respectivas líneas de acción, referidas a la estandarización de medidas de partes y piezas de componentes de la construcción, conducentes a habilitar la utilización de componentes prefabricados en proyectos de edificación.

6. ORGANIZACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio y el presente informe se organizan en los siguientes capítulos:

6.1. Prefabricación de componentes y su impacto en la productividad

En este capítulo se revisa el contexto general e histórico sobre la prefabricación de componentes, así como también la motivación a nivel internacional de introducir cada vez en mayor medida componentes prefabricados en los proyectos de construcción.

Se revisan los distintos sistemas de construcción con elementos prefabricados, desde sistemas de construcción modular hasta construcción tradicional que incorpora algunos componentes prefabricados. También se levantan los tipos de coordinación que pueden existir entre el diseñador y el fabricante de componentes. En particular, en el área de la coordinación dimensional se identifican tres pilares principales para generar una correcta coordinación entre los actores: (i) Coordinación Modular; (ii) Medidas Preferentes; (iii) Tolerancias Dimensionales.

Adicionalmente, se levanta información sobre los impactos en la productividad, en particular en plazos, costos y calidad, de proyectos que incorporan componentes prefabricados en comparación a proyectos de construcción tradicional.

Finalmente se realiza una revisión de las herramientas y potenciales usos que puede darse al BIM (Building Information Modeling) en torno al uso de componentes prefabricados de medidas estandarizadas en la construcción, así como su relevancia en la coordinación entre los actores involucrados.

6.2. Levantamiento internaciones de estrategias y líneas de acción

Se realiza un levantamiento internacional de información referente a estrategias y líneas de acción que tienen relación con la estandarización de dimensiones de componentes de la construcción. Para el levantamiento de información internacional se seleccionaron países desarrollados que han implementado sistemas de construcción industrializada y/o han impulsado planes estratégicos para aumentar la productividad en la construcción.

El levantamiento de información se ordena en 4 ejes transversales identificados: EJE 1 – Normalización; EJE 2 – Fomento; EJE 3 – Difusión y Capacitación y; EJE 4 - Coordinación entre Actores. En cada eje se levanta información sobre estrategias o líneas de acción ejecutadas para promover el uso de componentes prefabricados de dimensiones estandarizadas. En algunos casos, como se explica más adelante, se desarrolla con mayor profundidad los casos de Malasia y Singapur, por ser casos de especial atención al tener una mayor similitud con el contexto nacional de Chile en la actualidad.

6.3. Diagnóstico nacional

Se realiza un levantamiento y diagnóstico a nivel nacional respecto a los mismos 4 ejes transversales identificados anteriormente. El Diagnóstico permite identificar las principales brechas existentes a nivel nacional, en el contexto de la estandarización de medidas. Así también, se identifican barreras y oportunidades para generar acciones concretas que apunten a la habilitación y fomento del uso de componentes prefabricados, de medidas estandarizadas, en los proyectos de construcción en el país.

6.4. Propuesta de estrategia habilitante

En base a los tres pilares principales identificados en la estandarización de medidas (Coordinación Modular, Medidas Preferentes y Tolerancias Constructivas), en conjunto con los cuatro ejes transversales revisados: Normalización, Fomento, Difusión y Capacitación y, Coordinación entre actores, se construye una estrategia que, a través de líneas de acción y actividades específicas, apunta a lograr una habilitación y fomento de la utilización de componentes prefabricados, de dimensiones estandarizadas, en la construcción.

7. PREFABRICACIÓN DE COMPONENTES Y SU IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD

7.1. Contexto general e histórico de la prefabricación de componentes

La construcción industrializada se refiere a la utilización de componentes fabricados fuera del sitio de construcción, normalmente en una planta especializada, los cuales son ensamblados en sitio, disminuyendo así las actividades propias de la construcción habitual. Dentro de la prefabricación de componentes se pueden identificar desde sistemas completos prefabricados, que normalmente corresponden a la estructura resistente y envolvente de las edificaciones (concepto al que normalmente se refiere la construcción industrializada), hasta la prefabricación de componentes secundarios, que normalmente son utilizados en cualquier tipo de construcción, como puertas, ventanas, revestimientos y otros.

La producción de grandes componentes de construcción fuera del proyecto no es un concepto nuevo. Estructuras famosas en las antiguas Grecia y Egipto se construyeron con piedras dimensionadas en canteras y llevadas al lugar de posición final para su colocación. En el siglo XIX, la producción mecanizada y los métodos de transporte disponibles permitieron la prefabricación de grandes estructuras, principalmente de acero. Así también, en el mismo siglo, durante la Guerra de Crimea, se registraron alrededor de 1400 unidades de barracas de madera prefabricadas en Inglaterra y enviadas al área de guerra para proporcionar alojamiento a las tropas inglesas y francesas. La construcción de viviendas prefabricadas tuvo un apogeo en la época posterior a la Segunda Guerra Mundial, en donde la demanda urgente de viviendas, acompañada de la participación activa de las autoridades públicas en su oferta, crearon un entorno favorable para la proliferación de los prefabricados, los cuales podían ofrecer una gran respuesta a la reconstrucción en un corto periodo de tiempo. (Toffler A, 1981 - Warszawski A, 2005)

El aumento de la prefabricación de componentes de la construcción, provenientes de líneas industrializadas, en donde se generaban componentes en grandes cantidades, impulsó a su vez la generación de una coordinación entre los agentes involucrados en los proyectos. La necesidad de una coordinación que, desde el diseño, estableciera algunas reglas generales para el dimensionamiento de los distintos componentes involucrados, gatilló el desarrollo de reglas básicas para el diseño, como la coordinación modular, así como el establecer algunas medidas preferentes o estandarizadas para los distintos componentes, que pudieran ser consideradas por los fabricantes, en concordancia con los diseños. Lo anterior fue considerado clave en el ámbito general de la construcción, desde proyectos tradicionales hasta proyectos industrializados, en donde la motivación principal fue la de optimizar el uso de los materiales y los procesos de construcción y/o de instalación in situ. (Warszawski A, 2005)

La demanda de sistemas completos prefabricados disminuyó a finales de los años setenta. En Europa Occidental y los EE.UU., donde la necesidad urgente de viviendas ya se había satisfecho, estos sistemas se vieron en desventaja en comparación con los sistemas tradicionales de construcción, sobre todo en los pequeños proyectos constructivos, mientras que en los proyectos grandes, la prefabricación vivió una dura competencia frente a sistemas optimizados de construcción tradicional. (Warszawski A, 2005)

Por otra parte, la industria de componentes no estructurales o secundarios, que abordaba el mercado general de la construcción, y que se vio potenciada igualmente en la época descrita, siguió desarrollándose con éxito

a lo largo del tiempo, atendiendo a proyectos de construcción tradicional como a proyectos de construcción industrializada.

Hoy en día, la industria de sistemas prefabricados completos o integrales ha desarrollado tecnologías que permiten una industrialización más dinámica de la producción, lo cual en la práctica se traduce en requisitos de demanda más acotados en términos de masividad y la posibilidad de responder a ésta de manera más diversificada y personalizada. Así mismo, la automatización, que el control informático entrega a muchas etapas de la producción, añade nuevas dimensiones al proceso industrializado. (Sullivan, 1980). En particular, los sistemas robotizados permiten establecer líneas de producción personalizadas, en donde se pueden fabricar los componentes directamente desde modelos vectorizados, que a su vez pueden ser los mismos que considera el diseñador, aprovechando en la totalidad las ventajas que presentan las herramientas de diseño y fabricación asistida por computadora (CAD a CAM).

Si bien la personalización en los diseños, en el ámbito de la construcción en general, ha sido necesaria para responder a los requerimientos del mercado, los marcos generales de coordinación dimensional, como la coordinación modular, son considerados claves al momento de compatibilizar el uso de componentes estandarizados, optimizando su aprovechamiento y facilitando la instalación de éstos.

7.2. Motivación de la introducción de sistemas y componentes prefabricados

En los países afectados por las Guerras Mundiales, principalmente en países europeos como Inglaterra, la demanda latente por una rápida reconstrucción, acompañada por planes gubernamentales que apoyaron las iniciativas de construcciones prefabricadas, aportando presupuesto y adaptando las regulaciones para permitir este tipo de construcción, principalmente en viviendas, impulsó la industria de la prefabricación estableciéndose como una solución factible y de calidad para una rápida reconstrucción.

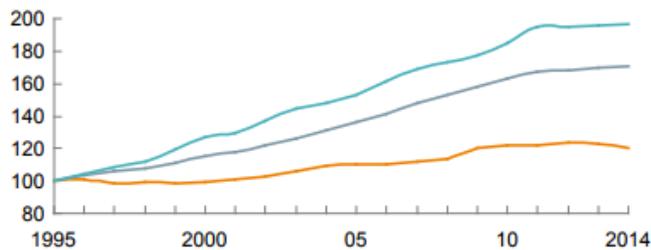
En el caso particular de EE.UU, si bien participó activamente en las Guerras Mundiales, su infraestructura no fue, en términos generales, mayormente afectada. Sin embargo, de todas formas la industria de la prefabricación se vio fomentada. Inicialmente por la necesidad de instalaciones militares para el personal que se encontraba participando en la Guerra y posteriormente con la reinstalación de ese personal en territorio americano.

Si bien el impulso inicial para generar una industria de la prefabricación, tanto en el ámbito de la construcción industrializada como en la industria de partes, piezas y componentes secundarios de la construcción, en la mayoría de los casos, se originó de situaciones que requerían una respuesta rápida a una alta y urgente demanda de construcciones, existe hoy en día una visión global y generalizada de que la productividad en la construcción se encuentra estancada o no ha crecido lo que se espera, por lo menos comparándola con el crecimiento de la economía en general o la industria manufacturera. Ver Figura 7.1. Entendiendo que la construcción es uno de los principales ejes transversales a los sectores económicos en los países, el aumento de la productividad en este ámbito se ha tenido como objetivo clave en la economía de muchos de éstos. (MGI: McKinsey Global Institute, 2017)

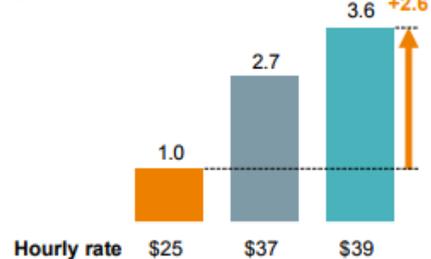
Globally, labor-productivity growth lags behind that of manufacturing and the total economy

Global productivity growth trends¹ — Construction — Total economy — Manufacturing

Real gross value added per hour worked by persons engaged, 2005 \$
Index: 100 = 1995



Compound annual growth rate, 1995–2014
%



¹ Based on a sample of 41 countries that generate 96% of global GDP.

Figura 7.1. Crecimiento de la productividad de la construcción a nivel mundial. (MGI; Reinventing Construction, 2017)

Existen países en los cuales se ha visto como un objetivo, a nivel país, el desarrollo de tecnologías e industrias tecnificadas para avanzar en un crecimiento económico y un desarrollo del país a través de la comercialización de productos con un alto valor agregado. Países como Australia, en que su economía aún se basa en la extracción de materias primas, como minerales, tienen como objetivo a mediano plazo convertirse en exportadores de tecnología. En particular, en el área de construcción, los esfuerzos se han enfocado en la prefabricación y en el uso de tecnologías de software y de robotización para la fabricación de componentes de construcción.

El caso particular de Australia es relevante, ya que no corresponde a un país en donde la productividad de la construcción era un tema a mejorar, por lo menos no de forma prioritaria. En la Figura 7.2 se puede observar que Australia es uno de los países en que no se ha visto estancada la productividad en el ámbito de la construcción. En este caso, los esfuerzos de generar una construcción industrializada van en la línea de generar tecnología y una industria con posibilidad de crecimiento económico a través de la exportación.

Por otra parte, países del oriente, como Japón, han resuelto la demanda de viviendas aprovechando la cultura de industrialización ya establecida en estos países. La generación de viviendas con sistemas prefabricados ha sido una extensión natural de los procesos industriales que poseen.

Por otro lado, existen países que poseen condiciones de borde en los sitios de construcción, en los cuales difícilmente se podría pensar en materializar proyectos a través de una construcción tradicional. Países que poseen condiciones climáticas adversas en algunas épocas del año, como Suecia, son ejemplos de lo anterior. En estos casos, la rapidez con la cual se pueden levantar proyectos con componentes prefabricados es una alternativa eficaz para construir en esas zonas.

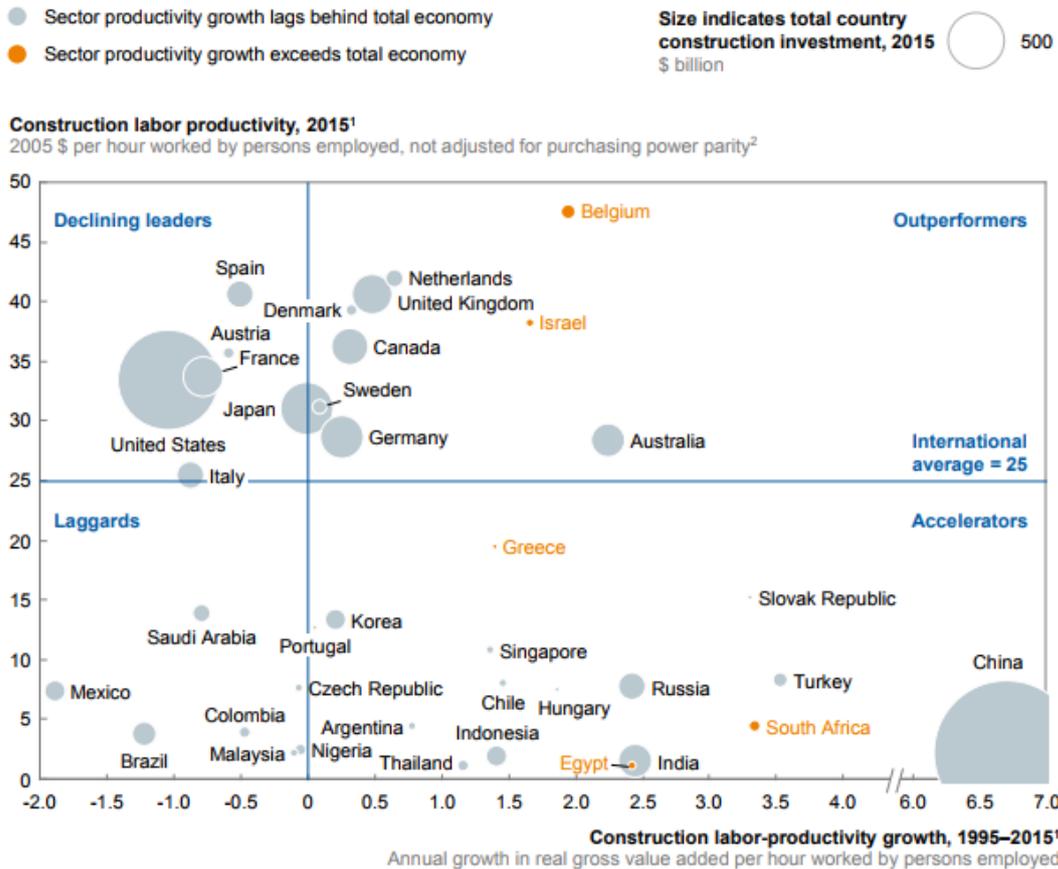


Figura 7.2. Comparativo del crecimiento en la productividad en distintos países. (MGI; Reinventing Construction, 2017)

En algunos casos particulares, como Malasia y Singapur, la introducción de sistemas industrializados en la construcción fue motivada, recientemente, a través de planes gubernamentales que buscaban aumentar la productividad en la construcción y fortalecer y mejorar la industria de la construcción como un eje principal de la economía. Así también, la construcción industrializada se ha planteado como una alternativa para mejorar la calidad de las construcciones y generar una mano de obra especializada, con mayores posibilidades de especialización y remuneraciones, haciendo frente, muchas veces, a la tendencia de incorporar mano de obra extranjera no capacitada y de un bajo costo en los proyectos de construcción, lo cual ha repercutido negativamente en la productividad. (Nasir N, 2006)

Los casos de Malasia y Singapur son de especial atención, ya que en estos países las motivaciones de generar planes estratégicos para mejorar la productividad en la construcción son similares a los que hoy se plantean a nivel nacional. A continuación se analizan de manera particular estos países.

7.2.1. Malasia

En Malasia se definió el concepto de Sistemas Industrializados de Construcción (IBS: Industrialised Building Systems) para referirse a los sistemas de construcción industrializada y el uso de componentes prefabricados en las construcciones. Estos sistemas han sido promovidos en Malasia con el objetivo de mejorar la productividad en la construcción, reducir los riesgos en seguridad y salud ocupacional y disminuir los problemas que conlleva poseer una mano de obra poco calificada. (Mohd, 2014)

Los orígenes de los sistemas industrializados en Malasia se remontan a la década de 1960, cuando se adoptaron algunos sistemas prefabricados para abordar problemas de escasez de viviendas. Sin embargo, esta introducción no fue sostenida en el tiempo. Algunos sistemas introducidos en esa época tuvieron ciertos problemas, por ejemplo, sistemas extranjeros no se adaptaban correctamente al clima de Malasia ni respondían adecuadamente a algunas prácticas o requerimientos especiales de los usuarios. (Bin Muhamad, 2015)

Actualmente, se ha recuperado el interés por los sistemas industrializados, a raíz de la baja productividad en los proyectos de construcción, el origen de ésta muchas veces identificó en la mano de obra poco calificada, proveniente, muchas veces, de países vecinos. (Bin Muhamad, 2015)

Asimismo, el introducir sistemas industrializados en la construcción se entendió como una forma de aumentar la productividad de la construcción y que además traería consigo variados beneficios a la industria y a la economía en Malasia. (Bin Muhamad, 2015)

En 1999 se lanzó un plan estratégico para promover los sistemas industrializados en la construcción. Lo anterior fue implementado mediante la generación de hojas de ruta con líneas de acción a seguir, IBS Roadmap 2003-2010 y luego IBS Roadmap 2011-2015. Estas hojas de ruta han sido desarrolladas por el gobierno para dar los lineamientos a los distintos programas de fomento, incentivos, capacitaciones, desarrollo de la industria, investigación, entre otros. El año 2008 el gobierno, con objetivo de promover aun más la construcción industrializada, estableció que todos los proyectos públicos debían construirse con al menos un 70% de componentes industrializados. (Mohd, 2014)

Actualmente, la construcción industrializada en Malasia es ampliamente utilizada como alternativa a la construcción tradicional. Los sistemas prefabricados se han logrado adaptar de buena manera a las demandas del mercado. La industria de los prefabricados también ha incluido diversos sistemas de automatización y robotización para cumplir de mejor forma con los diseños actuales. Sin embargo, aún se espera que los sistemas de construcción industrializada abarquen un porcentaje mayor en la construcción. (Mohd, 2014)

7.2.2. Singapur

Similar situación que en Malasia experimentó Singapur. Los bajos rendimientos y una calidad, muchas veces, cuestionable de sus construcciones motivaron la intervención del gobierno, el cual el año 1999 instituyó el Building and Construction Authority (BCA), dependiente del Ministerio de Desarrollo, organismo al cual se le

asignó la función de desarrollar regulaciones para la construcción, teniendo como objetivo principal aumentar la productividad en este ámbito.

Desde el año 2001, el BCA ha implementado regulaciones para la construcción, que tienen por objetivo aumentar la productividad en el sector y reducir la dependencia de una mano de obra poco calificada, proveniente del extranjero. Progresivamente el BCA ha implementado distintas regulaciones y requisitos que deben cumplir las construcciones. Las regulaciones que ha implementado el BCA en el tiempo han tenido el efecto de cambiar algunas prácticas de diseño en la industria, por ejemplo en la adopción de la coordinación modular, la incorporación de algunos componentes prefabricados o sistemas industrializados. (BCA, 2017)

En el año 2011, el BCA introdujo regulaciones en la construcción para que los constructores adopten tecnologías y métodos más eficaces en términos de productividad. Hoy en día, Singapur sigue apuntando a aumentar la productividad en la construcción. Las edificaciones deben cumplir un índice o calificación de diseño y construcción, el cual tiene relación con parámetros que apuntan a aumentar la productividad. El año 2013 el BCA subió la exigencia de estos índices para impulsar a la construcción a una mayor estandarización y mayor introducción de sistemas industrializados.

La visión del BCA es elevar aún más la productividad de la construcción en el futuro, convirtiendo a la construcción en Singapur en una industria que diseñe y construya con métodos cada vez más sofisticados y productivos. En esa línea, el 2014 se volvieron a subir los índices exigidos y se incorporaron exigencias en la incorporación de algunos componentes estandarizados a modo obligatorio. (BCA, 2017)

7.3. Sistemas de Construcción

Como se mencionó anteriormente, la construcción con componentes prefabricados puede abordar desde la construcción tradicional, en la cual se incorporan típicamente componentes secundarios prefabricados, hasta sistemas completos prefabricados, los que normalmente son considerados como construcción industrializada.

A continuación, se explican brevemente los distintos sistemas

7.3.1. Sistemas prefabricados completos

Los sistemas prefabricados completos pueden clasificarse de acuerdo a la configuración de sus principales componentes estructurales, de la siguiente forma:

Sistemas lineales – Bastidores o Reticulados:

Los sistemas lineales utilizan como elementos estructurales principales: columnas, vigas y/o marcos. Su característica más relevante es la capacidad de transferir cargas en grandes extensiones. Por esta razón se utilizan en la construcción de puentes, estacionamientos, recintos industriales, instalaciones deportivas, etc.

Sistemas planos o de panel:

Sistemas planos o en forma de paneles para losas de piso, soportes verticales, tabiques y muros exteriores. A diferencia de los sistemas lineales, los sistemas de paneles también cumplir el rol de envolvente de la edificación.

Sistemas tridimensionales o de módulos:

Los sistemas tridimensionales utilizan, como elemento de construcción principal, unidades tipo módulos que contienen muros y piso. Estos sistemas son menos flexibles que los elementos lineales o de paneles, sin embargo, en lo general son de mayor rapidez en su instalación.



Figura 7.3. Ejemplos de distintos sistemas prefabricados. (fuente: momenta.cl/baumax.cl/prefabaus.org.au)

Sistemas Híbridos:

Combinan los distintos sistemas indicados anteriormente. Casos típicos son de estructuras lineales con paneles para conformar la envolvente y losas prefabricadas para las superficies de tránsito.

7.3.2. Construcción tradicional con componentes secundarios prefabricados

La construcción tradicional, con el objetivo de optimizar algunos procesos, ha incluido el uso de componentes prefabricados. Desde los inicios de la industrialización de la construcción, componentes secundarios se comenzaron a fabricar en plantas especializadas, con el objetivo de responder a las altas demandas de éstos. Típicamente, puertas, ventanas, revestimientos y módulos de servicio, hoy en día son prefabricados por proveedores especializados, para luego ser instalados en construcciones tradicionales.

En la actualidad, la tendencia es a incluir cada vez una mayor cantidad de componentes prefabricados, lo cual exige una mayor coordinación entre los agentes involucrados, desde el diseño hasta su instalación en obra, condición que también exige el establecer tolerancias admisibles para una adecuada instalación de estos componentes.



Figura 7.4. Unidades modulares de servicio para instalación en obras de construcción tradicional.
(fuente: tecnofast.cl)

7.4. Coordinación entre el diseñador y el fabricante de componentes

Los beneficios económicos de la prefabricación de componentes dependen, en gran medida, de la adaptabilidad del diseño de una construcción para ser materializada con componentes que no sean específicos para ésta. Lo anterior tiene su fundamento en el aprovechamiento de las economías a escala que pueden generarse al considerar componentes estandarizados o de medidas regulares, que pueden encontrarse con mayor facilidad disponibles en el mercado y a un menor costo.

La economía y el desarrollo sostenible de este tipo de sistemas constructivos tienen como base entonces la coordinación entre los diseñadores y los fabricantes de componentes o partes prefabricadas.

En general, puede existir o no comunicación y coordinación entre diseñador y fabricante, los escenarios que normalmente se pueden observar corresponden a: (Warszawski, 2005)

1. El diseño se basa en el proyecto arquitectónico y/o los requerimientos del mandante, con poca o ninguna consideración hacia el productor de elementos prefabricados.
2. La producción se basa en diseños del fabricante de elementos prefabricados, para un tipo general de proyecto, el cual se enfoca en satisfacer a un grupo determinado de clientes.
3. La producción de componentes se basa en algunas reglas generales de coordinación, con respecto a sus dimensiones y ubicación de éstos. En este caso los fabricantes adaptan sus procesos para cumplir las mismas reglas de diseño.
4. La producción se basa en un diseño preparado por el cliente y siguiendo algunas reglas comunes que aseguran la adaptación al proyecto.

Tanto la producción de componentes basados en diseños del cliente como del fabricante, sin considerar una coordinación entre ellos, no resultaría óptima, por cuanto no se logra un apropiado aprovechamiento de los recursos y de las ventajas que los sistemas industrializados proveen a la construcción.

7.5. Coordinación Dimensional

En vista de las limitaciones de los enfoques en que no se tiene una coordinación entre diseñador y fabricante de componentes, se vuelve necesaria una coordinación entre las partes para compatibilizar los distintos diseños con los componentes que se puedan fabricar. Lo anterior, se logra estableciendo reglas en el diseño de los edificios y sus componentes, las cuales puedan ser consideradas por los diseñadores y adoptadas por los productores de componentes.

Es necesario entonces un método de comunicación, que use reglas comunes desde el diseño, que permitan satisfacer las necesidades tanto de éste como las del fabricante de componentes. Esas reglas deben permitir una máxima flexibilidad de diseño con cierta independencia del sistema o proveedor que se escoja posteriormente y, al mismo tiempo, deben permitir a los fabricantes concentrar sus esfuerzos de producción en un número limitado de elementos con rangos predeterminados de dimensiones y formas.

Un conjunto comúnmente aceptado de reglas dimensionales, denominado coordinación modular, ha sido adoptado en muchos países con el objetivo de reducir la variabilidad de las dimensiones de los componentes de la construcción.

7.6. Sistemas Abiertos y Cerrados

En cuanto a la coordinación dimensional y la posible intercambiabilidad de componentes que conforman la edificación, los sistemas prefabricados pueden clasificarse como sistemas abiertos y sistemas cerrados. (Warszawski A, 2005)

Sistemas Cerrados: Corresponden a sistemas de construcción prefabricada en los cuales los elementos y componentes se fabrican conforme a especificaciones internas del propio fabricante o sistema. Estos sistemas responden únicamente a reglas de compatibilidad internas.

Sistemas Abiertos: Son sistemas que se componen por elementos o componentes de distinta procedencia, los cuales son fabricados en base a reglas de estandarización para lograr ser compatibles en diversos proyectos.

La importancia de definir de esta forma los sistemas prefabricados radica en la estandarización necesaria, en particular, en uno de ellos. En efecto, los sistemas abiertos requieren de una estandarización general para lograr una multi compatibilidad de componentes, mientras que los sistemas cerrados no necesitan más que una coordinación interna para generar la compatibilidad.

La visión de una intercambiabilidad de componentes generalizada, en la cual se tenga una adaptabilidad de cualquier componente, fabricado por cualquier proveedor (sistemas abiertos), requeriría no sólo de una

estandarización dimensional de todos los componentes, sino que requeriría también una estandarización general en términos de sistemas de conexiones. Sólo en casos puntuales se han visto algunas iniciativas por implementar sistemas abiertos. Los enormes esfuerzos que hay que realizar para generar un marco de estandarización necesario, en conjunto con todas las restricciones establecidas, pueden generar fácilmente una monotonía arquitectónica y una baja optimización del diseño (en usos de espacios y optimizaciones estructurales), tales factores han sido las principales causas de que las tendencias generales apunten en otras direcciones. (Warszawski A, 2005)

La tendencia internacional en países que utilizan sistemas prefabricados, como alternativa a la construcción tradicional, ha sido la de realizar diseños que combinan sistemas de elementos prefabricados personalizados, adoptando reglas generales de coordinación modular y que consideran la integración de componentes secundarios estandarizados y compatibles con medidas disponibles en el mercado, conocidas también como medidas preferentes.

7.7. Pilares Principales

Como se indicó anteriormente, es fundamental, en términos de estandarización de dimensiones de componentes, generar una coordinación entre los actores. Es necesario, en primera instancia, generar un marco general regulatorio del diseño, que permita disminuir las variabilidades dimensionales de éstos, bajo ciertas reglas conocidas por los actores involucrados. Así también, es necesario acotar la cantidad de configuraciones de componentes disponibles, con el objetivo de entregar un stock de componentes de dimensiones comunes y disponibles en el mercado, que puedan ser consideradas por los diseñadores y por los productores de componentes. Finalmente, como se explica en detalle más adelante, es importante, en términos de compatibilidad dimensional entre componentes, establecer tolerancias dimensionales admisibles que permitan la correcta unión o ensamble entre partes y piezas.

En concordancia con lo anterior, se identifican tres conceptos claves en la estandarización de medidas de los componentes de la construcción, los cuales serán identificados como pilares principales de la estandarización de medidas. Éstos corresponden a:

- Coordinación Modular:** Para establecer el marco general de coordinación dimensional en los proyectos, que permita disminuir la variabilidad dimensional, facilitando la adaptación de componentes prefabricados.
- Medidas Preferentes:** Medidas comunes de componentes, de uso habitual en la construcción, que consideren las reglas de la coordinación modular y permitan tener un stock de medidas típicas a considerar en los diseños.
- Tolerancias:** Lograr tolerancias de fabricación y de construcción (o constructivas) que permitan el correcto ensamble o instalación de los componentes prefabricados en obra.

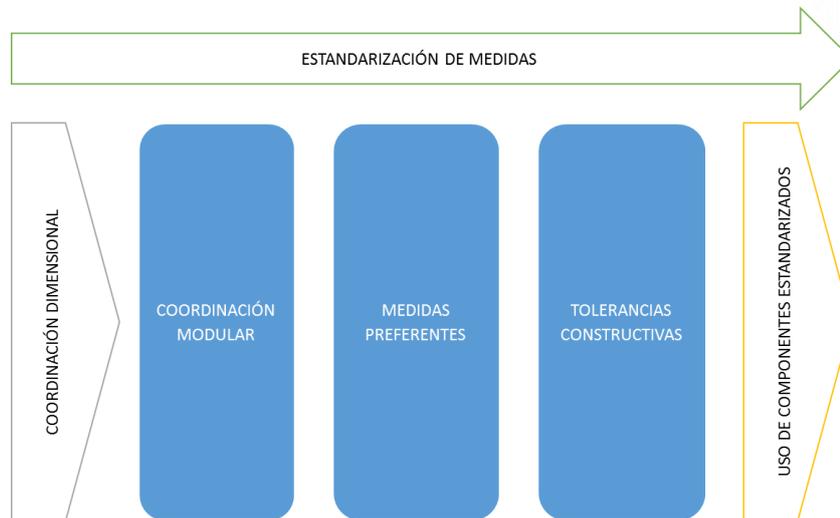


Figura 7.5. Pilares principales para la coordinación de dimensiones y estandarización de medidas.

A continuación se describen las características generales de los pilares principales mencionados.

7.7.1. Coordinación Modular²

El propósito principal de la coordinación modular es simplificar y hacer más económico el diseño y construcción de edificaciones, mediante la normalización de tamaños, de tal manera que los componentes se ajusten entre sí cuando se monten en el sitio como partes de una edificación.

La coordinación modular se basa en un sistema de referencia normalizado que utiliza un módulo básico internacional de 100mm para el control coordinado de espacios en edificaciones, como así también para el dimensionamiento y ubicación de elementos y componentes de las construcciones.

La coordinación modular es una disciplina práctica, y bien establecida, que ha sido probada a fondo durante muchos años, en muchas construcciones, en la mayoría de los países.

La coordinación modular ofrece diversos beneficios para los distintos actores involucrados en la construcción, facilitando la coordinación entre diseñadores de edificaciones, fabricantes, distribuidores y autoridades; proporcionando un tipo flexible de normalización que fomenta el uso de componentes que tengan un número restringido de tamaños normalizados.

Entre las ventajas generales que proporciona la coordinación modular, se encuentran:

- Los componentes producidos en rangos de tamaños normalizados se pueden intercambiar, cualquiera sea su materialidad o método de manufactura.

² INN, Proyecto de norma prNCh3509, 2016

- Las operaciones in situ se simplifican debido al dimensionamiento, trazado, posicionamiento y montaje racionalizado de los componentes.

Desde la perspectiva del diseñador, la coordinación modular entrega un marco de referencia que permite la diversidad de diseños, considerando componentes de dimensiones modulares normalizadas.

Para el fabricante de componentes, la coordinación modular permite disminuir la variabilidad de dimensiones de los componentes que producen, logrando además que los componentes fabricados puedan ser instalados en múltiples ubicaciones en una obra. Además, la adopción de un rango reducido de tamaños simplifica el proceso adquisiciones en general.

En obra, los beneficios de la coordinación modular deberían reflejarse en una disminución de los residuos y mejor aprovechamiento de los materiales, al minimizar los despuntes. Además, la instalación de los componentes debería facilitarse al tener medidas coordinadas.

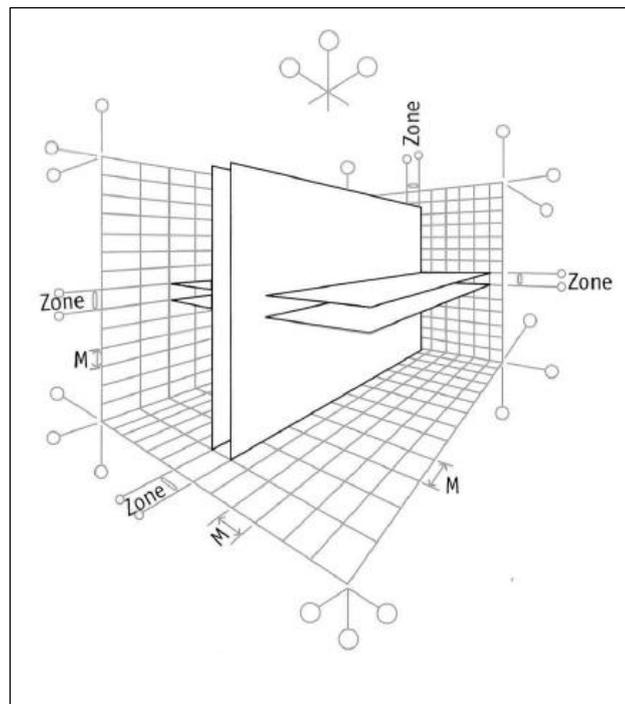


Figura 7.6. Esquema ejemplo de un sistema de referencia modular.
(fuente: BCA – Modular Coordinación Guide)

7.7.2. Medidas Preferentes

Como ya se mencionó, para lograr una coordinación apropiada entre el diseñador y el fabricante de componentes, es necesario acotar el número de configuraciones dimensionales disponibles para los diseños. Lo anterior permite al diseñador racionalizar el diseño de las construcciones de acuerdo a los componentes que, en la práctica, se encuentran en el mercado. Por otra parte, esto permite que el fabricante pueda enfocarse en la producción de series de componentes comúnmente usadas en la construcción.

El limitar las configuraciones dimensionales de los componentes responde, en primer lugar, a generar una compatibilidad con las reglas de la coordinación modular y, en segundo lugar, a acotar las dimensiones de los componentes a dimensiones típicas utilizadas, lo cual permite un mejor aprovechamiento de las economías de escala que pudieran generarse.

Lo anterior no limita al diseñador en la propuesta de diseños especiales, en los cuales pueda recurrir a dimensiones especiales de componentes, sin embargo, en ese caso el diseñador debe estar consciente de que no se está aprovechando totalmente las ventajas de la coordinación y, por consiguiente, el diseño propuesto difícilmente podrá competir, en términos de productividad, con otros proyectos que si se encuentran coordinados.

Por consiguiente, lo anterior no debe entenderse como una vuelta al pasado, en el cual se restringen de sobremanera los diseños, causando una monotonía en éstos, sino que debe entenderse como una forma de optimizar la construcción a través de medidas estandarizadas que aportan a una construcción más eficiente en términos de costos, plazos y calidad de la construcción.

7.7.3. Tolerancias dimensionales

Una vez definidas las reglas generales de la coordinación modular y establecidas ciertas medidas preferentes de componentes críticos de la construcción, resulta relevante compatibilizar las dimensiones entre componentes, logrando un correcto ensamble o instalación de las piezas o componentes entre sí.

No es posible, en la práctica, evitar las diferencias entre las dimensiones nominales y las dimensiones reales de los elementos y componentes de la construcción, por lo tanto, deben considerarse estas diferencias en términos de tolerancias constructivas desde los procesos de diseño y planificación de los proyectos. En este sentido, el sistema de conexión y unión debe diseñarse de tal manera que pueda adaptarse a las desviaciones propias constructivas, hasta un nivel aceptable y permisible (tolerancias admisibles).

Una de las mayores barreras en la introducción de componentes prefabricados en la construcción tradicional es la compatibilidad de dimensiones entre los distintos elementos y componentes involucrados, los cuales pueden estar coordinados dimensionalmente, sin embargo, las desviaciones dimensionales con respecto a las dimensiones nominales muchas veces impiden un correcto o fácil ensamble, lo cual obviamente va en desmedro del aprovechamiento de las ventajas de estos sistemas.

Para introducir componentes prefabricados en la construcción es necesario compatibilizar las tolerancias constructivas admisibles con los sistemas de juntas o uniones de estos sistemas o componentes. La construcción tradicional en Chile, considera tolerancias dimensionales no necesariamente compatibles con las dimensiones de los componentes prefabricados, dando origen a una actividad adicional, que es la de rectificar las dimensiones para cada caso en particular, perdiendo las ventajas de introducir componentes prefabricados con medidas establecidas.

7.7.4. Pilares Principales en la cadena de valor de la construcción

A continuación se muestra esquemáticamente los pilares principales al interior de la cadena de valor de la construcción.

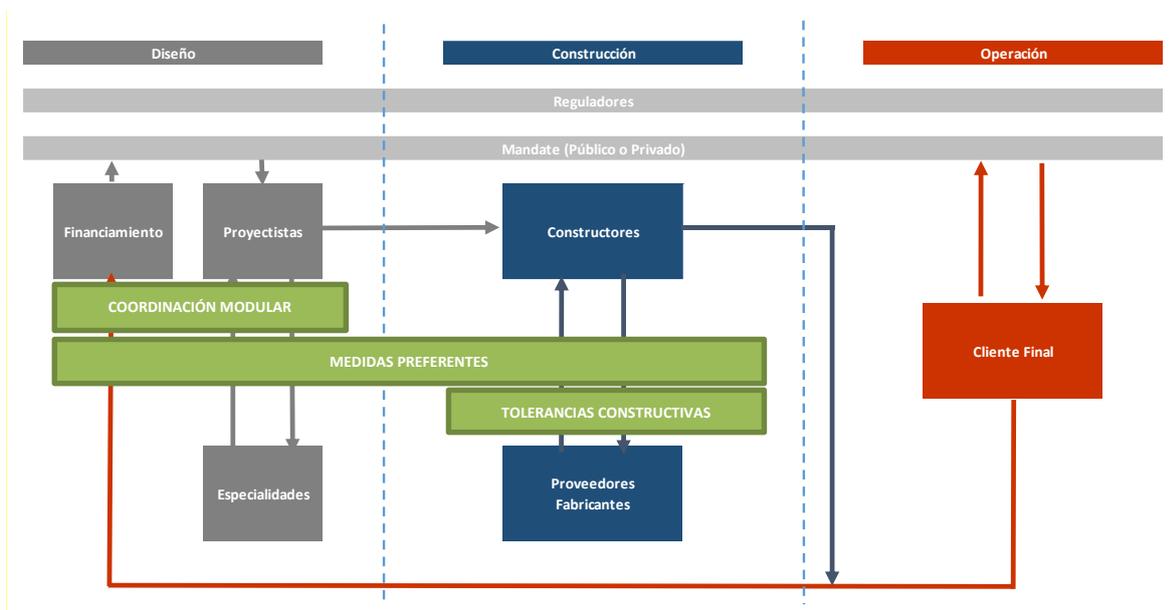


Figura 7.7. Pilares principales en la cadena de valor de la construcción.

Las reglas de la coordinación modular deben considerarse en el diseño, con el objetivo de optimizarlo y racionalizarlo para disminuir el dimensionamiento de materiales en obra y minimizar los despuntes generados.

Por otra parte, a través de las medidas preferentes se debe acotar lo más posible las configuraciones de dimensiones de los componentes. Se deben escoger preferiblemente los componentes más comercializados, normalmente llamados “standard”. Así también, se debe apuntar, en la medida de lo posible, a la utilización de componentes integrados, que posean instalaciones y terminaciones listas (como módulos prefabricados de baños y cocinas).

Finalmente, en la ejecución de la obra se debe tener especial atención en el control de las tolerancias, admisibles, para permitir la compatibilidad y correcta instalación de los componentes.

7.8. Impactos en la Productividad

A través de una revisión bibliográfica, se levantaron impactos en la productividad de proyectos de construcción al introducir componentes prefabricados/modulares. En el levantamiento bibliográfico se pudo observar que los métodos industrializados con componentes prefabricados/modulares poseen, en general, ventajas por sobre proyectos de construcción tradicional.

A continuación se presenta un resumen de la información recolectada, referente a los impactos en la productividad de los proyectos, al incorporar componentes prefabricados y/o modulares.

7.8.1. Impacto en los plazos de los proyectos

Se pudieron observar variadas experiencias en reducción de plazos en los proyectos, los cuales tienen relación con la superposición de actividades, que es posible en proyectos de este estilo.

En la construcción con componentes prefabricados, las actividades de diseño y adquisición suelen superponerse, lo cual es posible porque el contratista general de un proyecto de construcción modular está involucrado desde una etapa temprana de éste, durante la fase de diseño e ingeniería, en lugar de involucrarse más tarde, como en la fase de licitación.

Disminuciones entre un 30% a un 50% del tiempo de ejecución del proyecto, son típicamente registradas en la literatura. Ver Figura 7.8. Para proyectos modulares, en la mayoría de los casos, las reducciones de tiempo pueden superar en un 90% a proyectos de construcción tradicional.

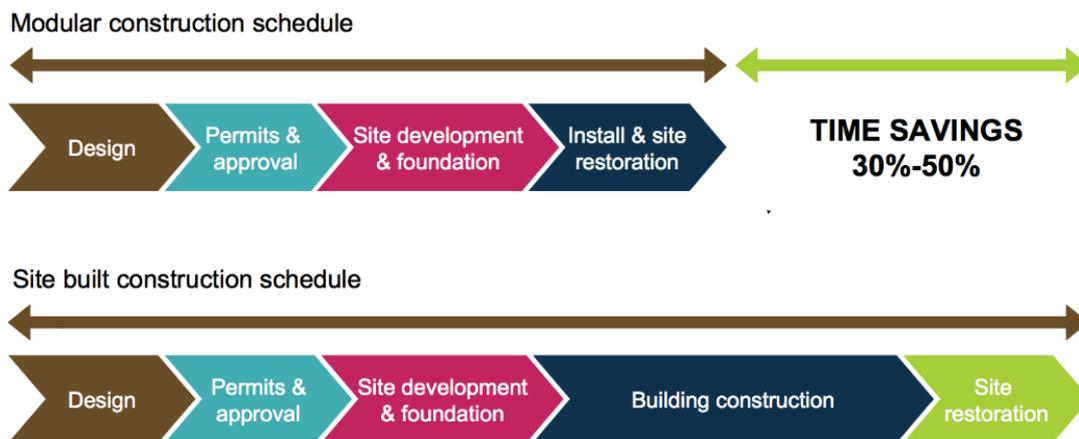


Figura 7.8. Ejemplificación gráfica de la disminución de plazos en los proyectos con construcción modular. (fuente: nordichouse.lv)

En la figura 7.9 se puede observar un levantamiento realizado de la percepción del impacto, en términos de plazos, en los proyectos que incorporan componentes prefabricados/modulares. Se puede observar que en alrededor de 2/3 de los proyectos existe una disminución de plazos, mientras que en sólo un 6% el plazo se ve aumentado. Además, en el detalle de la disminución de los plazos en estos proyectos, se puede observar que del 66% (2/3) un 35% declara disminuciones de más de 4 semanas.

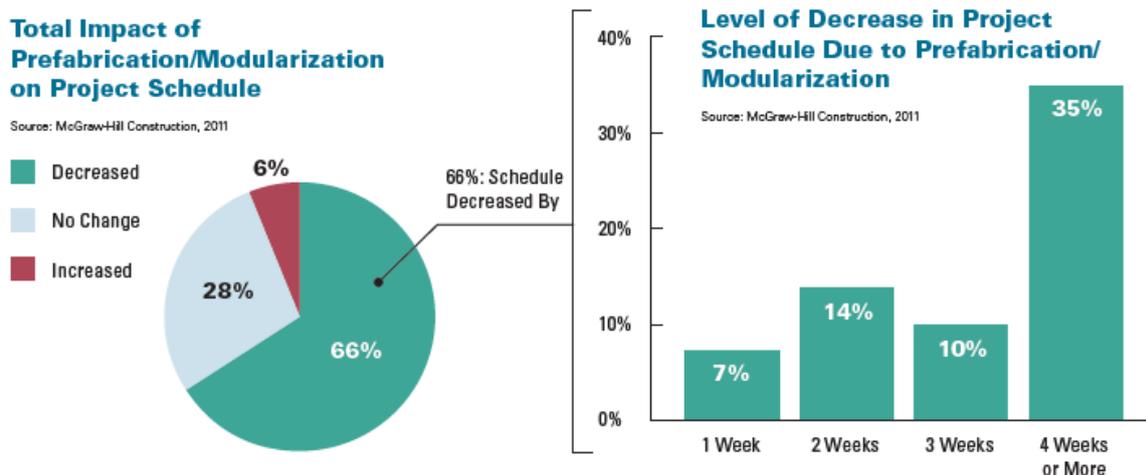


Figura 7.9. Percepción de cambio en los plazos al introducir componentes prefabricados y/o modulares (fuente: McGraw Hill Construction, 2011)

En general, se pudo revisar en la literatura las siguientes reducciones en los plazos de proyectos típicos.

- En construcciones pequeñas es esperable reducciones en el plazo de ejecución entre un 50% a un 70%. (Kulmann, 2008)
- Para construcciones de mediana altura y edificios altos, esta reducción del plazo es del 10% a un 20% respecto a las metodologías tradicionales de construcción. (Ibrahim et al, 2017)

7.8.2. Impacto en los costos de los proyectos

Los costos en los proyectos de construcción pueden verse reducidos al utilizar sistemas y métodos de construcción modulares. En algunos casos, es posible reducir los costos de hasta un 20%. Normalmente se han registrado ahorros que varían entre un 5% a un 10% del costo total del proyecto. (Shelley, 1990)

Los ahorros de costos pueden surgir de dos áreas: (Tatum et al, 1987)

1. Del trabajo realizado en el interior de una fábrica, en un ambiente más controlado, en lugar de hacerlo en obra, en el exterior y en un ambiente con menos control, y

- De los costos de mano de obra de los fabricantes, que suelen ser más bajos que los costos de mano de obra típicos en construcción.

De acuerdo a lo señalado por Leonard Wikman, Gerente de Ingeniería de Bechtel, debido a las incertidumbres en las labores constructivas que se realizan en terreno, la transferencia de mano de obra hacia una instalación especializada, fuera de la obra, podría reducir los costos en mano de obra hasta en un 50%. (Lawson, 2014)

Las horas de construcción en el lugar de trabajo y los costos de mano de obra calificada disminuyen debido a la transferencia de este trabajo a talleres de fabricación. Esta reducción de las horas de trabajo en obra disminuye la necesidad supervisión in situ, así como el tiempo de construcción en general. (Lawson, 2014)

Los costos de movilización a la obra se reducen fabricando los módulos fuera del proyecto, lo cual también reduce la cantidad de equipos que se encuentran en obra y reduce la necesidad de viviendas o habitaciones (campamentos) y otras instalaciones provisionarias en el lugar. (Tatum et al, 1987)

Un aumento en la competencia interna, o también internacional, puede reducir los costos al aumentar la cantidad y diversidad de potenciales fabricantes y proveedores. Así también, contratistas que no tienen las capacidades para competir en proyectos de construcción convencional, debido a la ubicación geográfica de éste por ejemplo, podrían utilizar métodos de construcción modulares, que facilitarían las labores en terreno. (Tatum et al, 1987)

Sin perjuicio de lo anterior, las ventajas de un costo reducido no siempre son evidentes. Si bien se puede considerar un ahorro por trabajar en un ambiente más controlado y menores costos indirectos en la construcción, se deben considerar también aumentos de costos que emergen del diseño y la ingeniería adicional que se debe realizar. (Lawson, 2014)

Se puede considerar que, en general, los agentes involucrados en proyectos de construcción que han implementado procesos industrializados, como la incorporación de elementos prefabricados y/o modulares, han visto una disminución en el presupuesto total de éstos. En efecto, al revisar levantamientos realizados en el extranjero se puede constatar que en un 65% de éstos se han visto disminuciones del presupuesto total, mientras que sólo en un 8% se han visto incrementos por la introducción de elementos industrializados.

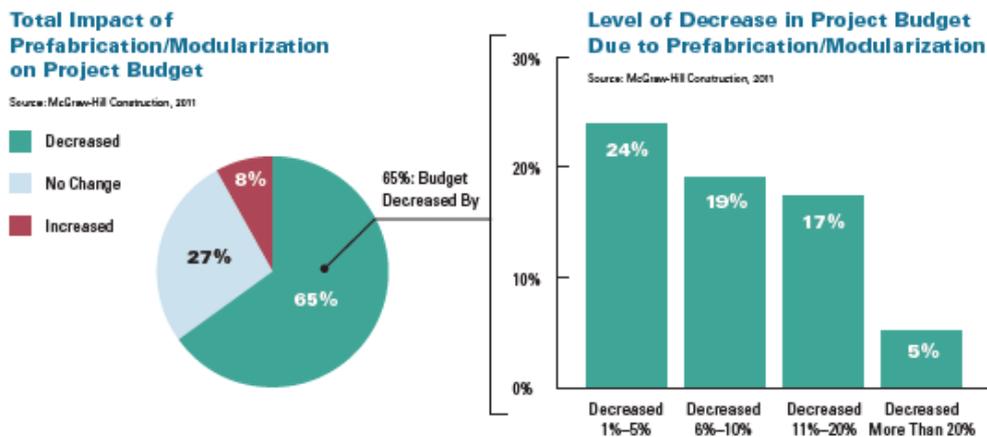


Figura 7.10. Impacto en el presupuesto de los proyectos al incorporar elementos prefabricados y/o modulares. (fuente: McGraw Hill Construction, 2011)

En relación a la coordinación temprana y medidas estandarizadas, se revisaron los resultados obtenidos en un estudio de la CDT, en el cual se evalúan impactos en costos, al introducir algunas mejoras en los procesos, relacionadas a la coordinación temprana de los actores en los proyectos. De las partidas intervenidas, se identifican dos propuestas de intervención que tienen clara relación con este estudio, en las cuales la mejora propuesta consistió en estandarizar las medidas de puertas y ventanas y los vanos respectivos. Los resultados, en términos de disminución de costos, se muestran en la tabla 7.1. Se puede observar que la incidencia individual en el costo de la partida se vio disminuida en un 7,1% y 2,7% para ventanas y puertas, respectivamente.

Se puede ver que al estandarizar las medidas de puertas y ventanas se obtiene una disminución de los costos directos de esas partidas y, en el caso de las puertas, se obtiene además un beneficio por ahorro de rectificación de medidas.

Así también, al evaluar los ahorros en las partidas con respecto al presupuesto total, se pudieron ver disminuciones en el presupuesto total de 0,5% y 0,1% para ventanas y puertas respectivamente.

Tabla 7.1. Evaluación de la incidencia en el costo de partidas con medidas estandarizadas.
(fuente: Estudio CDT: Integración Temprana de la Cadena de Valor, en la Productividad de Proyectos de Construcción)

PARTIDA	Ubicación	SITUACIÓN ORIGINAL		PROPUESTA DE MEJORA	
VENTANAS	Todas	Vanos no cumplen medidas		Estandarización de medidas	
PUERTAS	Todas	Medidas de vanos no es estándar ni acuerdo a planos, obligando a colocar puertas con diferencias de centímetros de acuerdo al proyecto original para suplir este error.		Estandarización de medidas de puertas	
PARTIDA	IMPACTO EN COSTO DIRECTO DEL PRESUPUESTO	IMPACTO EN COSTO DIRECTO DE REDUCCIÓN DEL TRABAJO RE HECHO	IMPACTO EN GASTOS GENERALES	INCIDENCIA INDIVIDUAL EN COSTO DE LA PARTIDA	
	(A)	(B)	(C)	A+B+C	
VENTANAS	7.1%	0,0%	0,0%	7,1%	
PUERTAS	1.7%	1,0%	0,0%	2,7%	

7.8.3. Impacto en la calidad de los proyectos

El aumento de la calidad al incorporar componentes prefabricados/modulares se ha registrado en variados proyectos. El potencial de generar proyectos de una mejor calidad viene dado principalmente de la oportunidad de construcción en ambientes más controlados, en los cuales se pueden generar mejores controles de calidad a los componentes producidos.

Así también, la mano de obra permanente en una fábrica adquiere, por experiencia, una calificación y expertís en lo que realiza, lo cual conduce a una calidad que se encuentra muy por sobre la que puede lograrse con una mano de obra principiante, aun cuando se le haya capacitado para los trabajos que realiza. (Glasser, 1983)

La calidad también se incrementa ya que un componente modular puede ser inspeccionado fácilmente a medida que se ensambla en el taller de fabricación. Además, los módulos pueden ser probados en la misma fábrica antes de ser despachados al proyecto. (Lawson, 2014)

Varias no conformidades encontradas en los proyectos de construcción tradicionales pudieran ser superadas a través de la incorporación de componentes prefabricados. En la figura 7.11 se puede observar la percepción de agentes, que no utilizan componentes prefabricados, en cuanto a la posibilidad de aumentar la calidad de los proyectos al incorporar estos sistemas. Se puede observar que un 65% de los encuestados ve como una oportunidad de mejorar la calidad de los proyectos, la introducción de componentes prefabricados.

Impact of Prefabrication/Modular Construction on Improving Project Quality (According to Non-Users)

Source: McGraw-Hill Construction, 2011

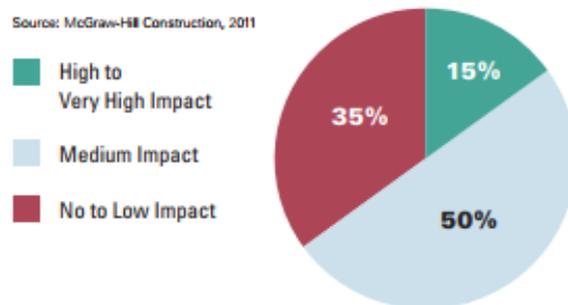


Figura 7.11. Percepción de la posibilidad de incremento en la calidad de proyectos con componentes prefabricados. (fuente: McGraw Hill Construction, 2011)

7.8.4. Impactos generales por estandarización de medidas

En términos de estandarización de medidas de componentes, que tienen relación con la generación de diseños racionalizados y selección de componentes y materiales coordinados con éstos, se pueden identificar algunos impactos generales, que deberían repercutir en mejoras en la productividad de una obra.

Al coordinar el diseño con las medidas de los componentes se debería generar:

- Ahorro de material al no tener que dimensionar en la obra y, por consiguiente, una disminución de desechos generados.
- La instalación de los componentes debería facilitarse al estar coordinados dimensionalmente.
- Los tiempos deberían disminuir al facilitar la instalación y eliminar actividades como la de rectificación de medidas.
- La logística de adquisiciones debería facilitarse al disminuir los tipos de componentes a solicitar.
- Al eliminarse tareas y facilitar la instalación deberían generarse ambientes más controlados, aumentando la seguridad ocupacional.
- Al eliminarse el dimensionamiento o rectificación de medidas, en algunas partidas podría esperarse una disminución de no conformidades en éstas por ser, en este escenario, actividades más controladas.
- Las desviaciones en la programación de la obra deberían disminuir al reducir las actividades que pueden causar atrasos.

7.9. Building Information Modeling (BIM) y la Estandarización de Medidas

Adicionalmente, por ser una herramienta computacional que ha demostrado ser de significativa utilidad en la coordinación dimensional, desde el diseño hasta la fabricación de componentes, se incorpora un levantamiento general de información referente a las principales características del Building Information Modeling (BIM), en relación a la estandarización dimensional de componentes en la construcción.

Todos los sistemas CAD generan archivos digitales, los cuales principalmente consisten en objetos vectorizados. A medida que se desarrollaron más estos sistemas, se fue agregando más información a los archivos, para generar bloques de datos e información asociada. Con la introducción del modelamiento 3D, se agregaron herramientas avanzadas de definición y superficies completas. Así fue como se pasó de un enfoque de planos y esquemas a bloques 3D, con información adicional incorporada. Un modelo de construcción generado por una herramienta BIM puede admitir múltiples vistas, detalles e información técnica contenida de los distintos componentes. (BIM Handbook, 2011)

Con la tecnología BIM, se pueden confeccionar modelos virtuales de los edificios, considerando las características dimensionales y técnicas de los componentes que los conforman, incluyendo además el modelamiento dinámico de las fases de construcción, lo cual permite una coordinación temprana de las distintas actividades y especialidades involucradas en el proceso de construcción.

La tecnología BIM facilita el trabajo simultáneo de múltiples disciplinas de diseño. Si bien este trabajo obviamente también es posible cuando se trabaja con planos tradicionales, es intrínsecamente más difícil y conlleva más tiempo que trabajar con uno o más modelos 3D coordinados. El trabajar con BIM disminuye significativamente los errores de diseño y/u omisiones, proporcionando una visión temprana de los posibles problemas o incompatibilidades, presentando una oportunidad de mejora continua del diseño. Lo anterior, es mucho más rentable que esperar hasta que el diseño esté casi completo y luego aplicar ingeniería de detalle. (BIM Handbook, 2011)

Con respecto a la estandarización de medidas, el uso de BIM en los proyectos abre la posibilidad de una coordinación temprana entre los agentes involucrados. La incorporación de directrices de diseño en los programas y el desarrollo de bloques de componentes estandarizados permite la fácil incorporación de éstos, considerando la información directamente proporcionada por los proveedores.

El uso de BIM permite a los diseñadores trasladar los esfuerzos a etapas tempranas, haciendo que las decisiones que agregan valor al proyecto sean más efectivas. Por otra parte, la coordinación modular permite la cooperación entre los profesionales del diseño y otras especialidades, generando una coordinación dimensional en el proyecto. Junto con el uso de BIM, el uso de componentes prefabricados y modulares ha tenido un impacto significativo en la industria de la construcción. La necesidad de planificación previa al proyecto y coordinar diversas actividades y especialidades ha creado la necesidad de implementar BIM en cualquier proyecto de mediana o alta complejidad. El uso de BIM facilita la organización de actividades como: planificación del proyecto, diseño y análisis, confección de planos y esquemas para construcción, programa de adquisiciones, entre otras actividades. Además, la proliferación de sistemas y software para modelar en

BIM, así como amplias librerías de objetos de componentes prefabricados, han permitido una fácil modelación y coordinación intrínseca entre los actores. En cierto modo, el uso de BIM en los proyectos tiene el potencial de aumentar el uso de componentes modulares/prefabricados y también la coordinación modular. (Manav, 2015)

Por otra parte, los modelos que se generan en BIM permiten un nivel de detalle tal, que facilita la fabricación de los componentes considerados. Además, debido a que los componentes ya están definidos en 3D, se facilita su fabricación automatizada mediante maquinaria de control numérico. Tal automatización es una práctica estándar hoy en día en la fabricación de distintos componentes prefabricados. La elaboración de los modelos en detalle permite además trabajar con proveedores a distancia con facilidad, ya que el modelo por sí sólo puede entregar todas las características necesarias para la fabricación.

Los edificios se han vuelto cada vez más complejos, por lo general, son productos únicos, que requieren de un diseño multidisciplinar y diversas especialidades para la construcción y fabricación de sus componentes. La especialización de los oficios en la construcción y las ventajas económicas de la prefabricación han contribuido a que cada vez más se utilicen en mayor medida componentes prefabricados, que sólo se ensamblan en el lugar del proyecto. Sin embargo, a diferencia de la producción masiva de piezas y componentes estándar, los edificios complejos requieren un diseño y fabricación de componentes personalizados “diseñados a pedido”, normalmente estos componentes consideran: acero estructural, estructuras de hormigón prefabricado y fachadas arquitectónicas, muros cortina de diversos tipos, sistemas mecánicos, eléctricos y de fontanería, cerchas de madera y paneles de hormigón armado. (BIM Handbook, 2011)

Por su naturaleza, los componentes fabricados a pedido exigen una ingeniería sofisticada y una alta coordinación entre los diseñadores para garantizar que las piezas y componentes se ajusten dentro del edificio, sin interferir con otros sistemas de construcción. El diseño y la coordinación con sistemas CAD en 2D es propenso a diversos errores, ya que es más complicado tener claridad de los detalles del proyecto en la intersección de ejes, en cambio, los sistemas BIM, que consideran una “construcción virtual” de los componentes y la coordinación entre los sistemas involucrados, pueden disminuir o incluso eliminar los errores o incompatibilidades que se podrían generar. (BIM Handbook, 2011). Para la fabricación de componentes o piezas personalizadas se pueden compatibilizar el diseño asistido por computadora (CAD) con una manufactura asistida por computadora (CAM), en la cual, si el diseño incorpora la cantidad de detalles suficientes para la fabricación, se pueden fabricar las piezas a través de líneas automatizadas y robotizadas, las cuales son capaces de leer el diseño computacional y fabricarlo en una materialidad particular. Casos típicos de esto, pueden ser vistos en piezas de acero que son cortadas a medida de acuerdo a un diseño particular solicitado. Por otra parte, se pueden observar hoy en día ejemplos particulares de esto en prefabricados elementos de madera y hormigón, para la construcción de edificaciones. En las figuras 7.12 y 7.13 se pueden observar ejemplos de automatización en la construcción de elementos prefabricados de hormigón y madera respectivamente.

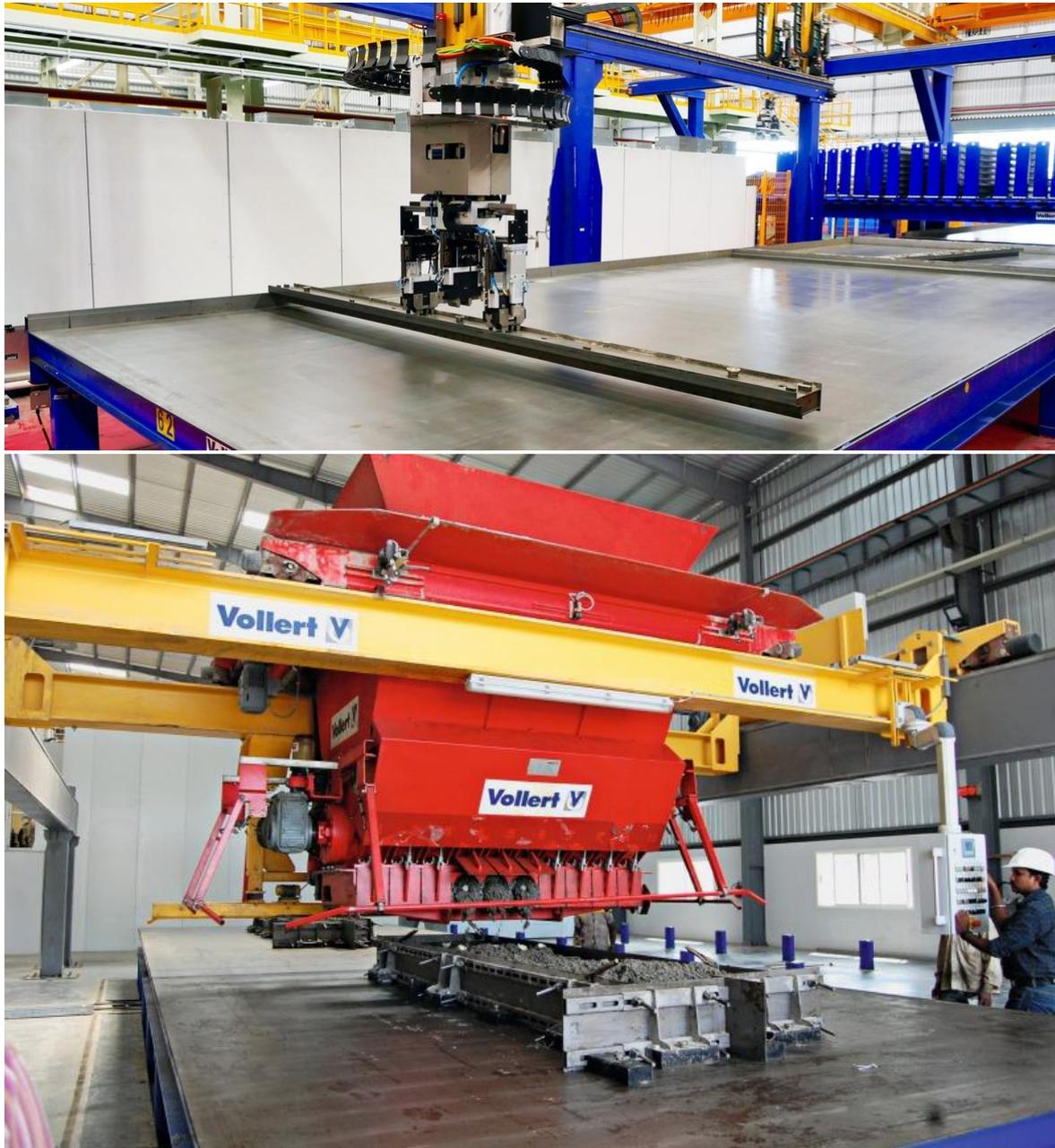


Figura 7.12. Sistema automatizado de construcción de muros prefabricados de hormigón. Arriba: sistema de disposición de moldajes automático. Abajo: sistema guiado computacionalmente para el vertido de hormigón. (fuente: vollert.de)



Figura 7.13. Sistema automatizado, controlado por ordenador, de corte de Madera Contralaminada.
(fuente: homag.com)

En conclusión, el uso de BIM en los proyectos, permite facilitar la coordinación temprana entre los distintos actores involucrados en un proyecto de construcción. La incorporación de algunas reglas o directrices de diseño en los software, además de la disposición de librerías con objetos predeterminados, ayudaría significativamente a generar proyectos de diseños racionalizados, los cuales, por una parte, podrían adoptar fácilmente reglas de coordinación dimensional y, por otra parte, considerar desde el diseño componentes estandarizados, fácilmente disponibles en el mercado.

Así también, en el caso de componentes personalizados, el modelamiento de éstos en detalle, permite una fabricación asistida computacionalmente, que simplifica la fabricación de éstos en líneas de producción automatizadas. Casos de fabricación automatizada, a través de robots, se pueden observar hoy en día con facilidad. Sistemas para fabricar paneles de hormigón o madera, con diseños personalizados, pueden encontrarse incluso a nivel nacional. Ejemplo de lo anterior, es el caso de la empresa baumax que fabrica con líneas robotizadas sistemas de paneles de hormigón que pueden conformar desde una casa hasta una edificación de mediana altura

7.10. Conclusiones del Capítulo

En este capítulo se revisaron los conceptos generales de estandarización de medidas de los componentes de la construcción. Se identificaron los distintos sistemas de construcción con prefabricados y su clasificación de acuerdo al tipo de sistema utilizado y a la coordinación e intercambiabilidad entre los componentes. En este último caso se identificó que la tendencia internacional en países que utilizan sistemas prefabricados, como

alternativa a la construcción tradicional, ha sido la de realizar diseños que combinan sistemas de elementos prefabricados personalizados, adoptando reglas generales de coordinación modular y que consideran, en lo posible, la integración de componentes secundarios estandarizados y compatibles con medidas disponibles en el mercado (medidas preferentes).

En este contexto, se identificaron tres pilares principales a considerar para la habilitación de la estandarización de medidas de componentes de la construcción.

Los pilares principales de la estandarización de medidas corresponden a:

- **Coordinación Modular,**
- **Medidas Preferentes y**
- **Tolerancias Constructivas**

Es importante indicar que los pilares principales identificados son pilares estratégicos en la estandarización de componentes prefabricados a nivel general en la construcción. Por lo cual son relevantes para generar impactos positivos en la productividad en todos los proyectos de construcción, desde proyectos construidos con métodos tradicionales, que incorporan algunos componentes prefabricados, hasta proyectos industrializados con sistemas estructurales completos fabricados en planta.

Por otra parte, la revisión bibliográfica referente a la evaluación de los impactos en la productividad de los proyectos de construcción industrializada, arrojó que, en general, se obtienen ventajas comparativas con respecto a la construcción tradicional, al introducir elementos prefabricados en las obras de construcción.

El porcentaje de disminución en los plazos depende, principalmente, del tipo de sistema prefabricado y de las cantidades de terminaciones e instalaciones que incorporen los sistemas. En sistemas modulares, que incorporan todas las terminaciones e instalaciones, se pueden observar disminuciones en los plazos mayores a un 90% con respecto a sistemas tradicionales de construcción. En general, se pudieron observar disminuciones en los plazos de entre un 30% a un 50%.

Con respecto a los costos de los proyectos, se pueden observar disminuciones que fluctúan entre un 5% a un 10% del presupuesto total en proyectos prefabricados, algunos autores indican que se puede alcanzar hasta un 20% de ahorro en algunos casos. Para el caso de la estandarización de medidas de puertas y ventanas, se pudo observar, en un caso práctico, que los costos se redujeron 2,7% y 7.1% en las partidas de puertas y ventanas respectivamente.

En términos de calidad, existen varios factores que indican que los proyectos con prefabricados podrían aumentar la calidad de las construcciones, lo anterior deriva de procesos más controlados de fabricación y una mayor posibilidad de control en los procesos, con respecto a la construcción tradicional.

En proyectos en donde se coordinen los diseños con componentes de medidas estandarizadas se podrían esperar múltiples ventajas, relacionadas a disminución de tiempos y costos, mejoras en la calidad y facilitación de actividades generales de la obra.

Por otra parte, por ser una herramienta computacional que ha demostrado ser de significativa utilidad en la coordinación dimensional, desde el diseño hasta la fabricación de componentes, se levantó información general sobre las principales características del Building Information Modeling (BIM), en relación a la estandarización dimensional de componentes en la construcción. Se puso observar que el uso de BIM en los proyectos, permite facilitar la coordinación temprana entre los distintos actores involucrados en un proyecto de construcción. La incorporación de algunas reglas o directrices de diseño en los software, además de la disposición de librerías con objetos predeterminados, ayuda significativamente a generar proyectos de diseños racionalizados, los cuales, por una parte, podrían adoptar fácilmente reglas de coordinación dimensional y, por otra parte, considerar desde el diseño componentes estandarizados, fácilmente disponibles en el mercado.

8. LEVANTAMIENTO INTERNACIONAL DE ESTRATEGIAS Y LINEAS DE ACCIÓN

Para el levantamiento de información internacional se seleccionaron países desarrollados que han implementado sistemas de construcción industrializada y/o han impulsado planes estratégicos para aumentar la productividad en la construcción.

La selección se fundamentó en abarcar un amplio espectro, respecto a distintas realidades observadas, referentes a la industrialización en general, contextos culturales, condiciones específicas de la construcción y motivaciones particulares para fomentar la construcción industrializada en los distintos países.

Los países seleccionados corresponden a los siguientes:

- Malasia
- Singapur
- Japón
- Estados Unidos
- Suecia
- Alemania
- Reino Unido y
- Australia

En el levantamiento realizado, se identificó a la normalización como un eje fundamental y transversal a los pilares principales identificados. Por lo cual se realizó un levantamiento de las normativas nacionales para cada pilar principal, en cada uno de los países.

- Coordinación Modular,
 - Medidas Preferentes y
 - Tolerancias Constructivas.
- } **EJE DE NORMALIZACIÓN**

Así también, al revisar estrategias y líneas de acción en el ámbito de la estandarización de medidas, se pudieron identificar otros tres ejes de trabajo transversales a los pilares mencionados, los cuales son utilizados como herramientas necesarias para lograr una implementación exitosa de la estandarización de medidas en la construcción y, en general, para promover la construcción industrializada. Los ejes identificados guardan relación con:

- Fomento
- Difusión y Capacitación
- Coordinación entre actores

En conclusión, se identifican 4 ejes transversales a los pilares principales de estandarización de medidas, los cuales serán analizados en cada uno de los países seleccionados.

- **EJE 1 – Normalización**
- **EJE 2 – Fomento**
- **EJE 3 – Difusión y Capacitación**
- **EJE 4 – Coordinación entre Actores**

A continuación se indica el resumen y las principales conclusiones del levantamiento internacional realizado. En algunos casos se analiza con un mayor detalle los casos de Malasia y Singapur, los cuales, como se mencionó anteriormente, poseen motivaciones similares a las que se presentan actualmente a nivel nacional para mejorar la productividad en la construcción.

8.1. Normativa

Se realizó un levantamiento de la normativa nacional en cada país seleccionado, referente a cada uno de los tres pilares principales identificados anteriormente (Coordinación Modular, Medidas Preferentes y Tolerancias Constructivas). A continuación se presenta un resumen del levantamiento realizado. En el anexo A de este informe se puede consultar el detalle de la normativa levantada.

En cada levantamiento se incluyen las normativas internacionales ISO, las cuales según la revisión bibliográfica han sido asumidas por variados países, tanto para generar su normativa propia, como al adoptarla en su totalidad, por lo cual se vuelve un factor relevante para el análisis.

8.1.1. Coordinación Modular

En la siguiente tabla se presenta el levantamiento realizado de normativas referentes a coordinación modular, se indica si los países revisados poseen normativa nacional en este ámbito, indicando además la cantidad total de normas levantadas y las normativas que actualmente están vigentes.

Tabla 8.1. Levantamiento de normativa de coordinación modular.

País	Posee Normativa actual de Coordinación Modular	Total de Normas Levantadas	Total de Normas Vigentes	Observaciones
ISO	-	13	13	-
MALASIA	SI	2	2	Normativa basada en ISO
SINGAPUR	NO	1	-	Posee manuales y Guías oficiales basadas en normativas ISO
JAPÓN	SI	4	3	Normativas basadas en ISO
U.S.A	NO	7	-	Intrínsecamente asume reglas básicas de coordinación modular pero sin asumir módulo base internacional.
SUECIA	SI	11	1	Normativas basadas en ISO
ALEMANIA	SI	8	1	Normativas basadas en ISO
U.K	SI	12	2	Normativa equivalente a ISO
AUSTRALIA	NO	-	-	Asume normativa ISO

Se puede observar que no todos los países poseen normativa nacional de coordinación modular, en algunos casos se han generado documentos como manuales oficiales para esto o, en otros casos, se ha asumido por completo las normas ISO.

En general, existe una tendencia a asumir las reglas generales de la coordinación modular estipuladas en las normas ISO, así como a reducir progresivamente el número de normas asociadas a este tema, generando documentos consolidados, que agrupan los conceptos principales y relevantes de la coordinación modular.

La disminución de la cantidad de normas asociadas tiene su fundamento en generar documentos más generales y que incluyan información referente a los puntos clave de la coordinación modular, que permiten una adecuada compatibilidad dimensional con los demás componentes asociados. Así también, la tendencia a sólo considerar los ámbitos más generales y críticos de la coordinación modular responde a una globalización del mercado, en la cual se deben admitir diversos diseños y configuraciones de componentes,

así como liberar algunas condicionantes secundarias que podrían limitar en demasía los diseños constructivos.

Las principales temáticas que abordan las normativas de coordinación modular son:

- Módulo Básico
- Vocabulario
- Principios y Reglas Generales
- Coordinación Horizontal de dimensiones
- Coordinación Vertical de Dimensiones
- Incrementos Sub-Modulares

La tendencia internacional de agrupar normativas de coordinación modular se ve también reflejada en el trabajo que se encuentra realizando la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), a través del Comité Técnico 59 y el Grupo de Trabajo 3, el cual se encuentra revisando actualmente las normativas de coordinación modular para generar un estándar que agrupe varias de las normativas actuales de coordinación modular. El nuevo documento, que tendrá el código ISO 21723, agrupará, a lo menos, las normas ISO 1006, 1040, 6512, 6513 y 6514. Ver tabla 8.2.

Tabla 8.2. Normativa ISO considerada en consolidación de normativa de coordinación modular.

Norma	Título
ISO 1006	Building construction -- Modular coordination -- Basic module
ISO 1040	Building construction -- Modular coordination -- Multimodules for horizontal coordinating dimensions
ISO 6512	Building construction -- Modular coordination -- Storey heights and room heights
ISO 6513	Building construction -- Modular coordination -- Series of preferred multimodular sizes for horizontal dimensions
ISO 6514	Building construction -- Modular coordination -- Sub-modular increments

En el ámbito de agrupar normativas de coordinación modular, existe el ejemplo ya mencionado de la norma ISO en la cual se está trabajando y el caso de la normativa Británica BS 6750 (1986), la que es equivalente técnicamente en su contenido a las siguientes normas ISO: 1006; 1040; 2848; 6511; 6512; 6513 y 6514, agrupando en un documento normativa de conceptos básicos hasta las reglas principales a seguir en la coordinación modular.

Ambos casos mencionados serían ejemplos que podrían tomarse como referencia para desarrollar normativa nacional de coordinación modular, acorde a las tendencias internacionales.

8.1.2. Medidas Preferentes

A continuación, en la tabla 8.3, se presenta el resumen del levantamiento de normativa de medidas preferentes en cada uno de los países estudiados. Es importante mencionar que las normativas de dimensiones preferentes abordan un espectro amplio de dimensiones, buscando compatibilizar las medidas de los componentes con las reglas de la coordinación modular, sin el ánimo de acotar posibles diseños, por lo cual en los cuerpos normativos generalmente se dan opciones de variadas configuraciones, incluso en ocasiones se entregan más configuraciones de las que son posibles de conseguir en los mercados locales.

En general, la tendencia en los países ha sido la de retirar progresivamente la normativa de medidas preferentes. Países como Suecia, que poseían una amplia gama de normativa de medidas preferentes han retirado gran porcentaje de éstas, las remanentes que aún se encuentran vigentes corresponden a componentes poco utilizados y que su última revisión data, en general, de los años 70.

Así también, en algunos casos, el retiro de la normativa de medidas preferentes responde también a la globalización del mercado, en la cual el rigidizar algunas dimensiones de componentes podría generar algunas barreras para la importación de productos.

En los estándares internacionales ISO puede observarse que no existe normativa de medidas preferentes, lo cual podría explicarse ya que las medidas típicas de algunos componentes responden no sólo a una coordinación general de dimensiones, sino que a características propias de la industria local y a requerimientos especiales que se puedan tener localmente.

La tendencia observada en los países ha sido la de generar una regulación y coordinación propia del mercado, satisfaciendo una demanda de productos “estándar” con medidas ampliamente utilizadas. Obviamente, lo anterior no restringe que los proveedores posean algunas medidas especiales que ofrecen para casos particulares.

En lo general, se puede observar que el mercado es un ente regulador más eficiente, en este caso, que las normativas. Normalmente el mercado es capaz de regularse en una cantidad más acotada de medidas “estándar” que las medidas preferentes que indican las normativas.

Tabla 8.3. Levantamiento de normativa de medidas preferentes.

País	Posee Normativa de Medidas Preferentes	Total de Normas Levantadas	Total de Normas Vigentes
ISO	NO	-	-
MALASIA	SI	8	8
SINGAPUR	NO	-	-
JAPÓN	SI	16	9
U.S.A	SI	1	-
SUECIA	SI	64	9
ALEMANIA	SI	8	6
U.K	SI	2	-
AUSTRALIA	NO	-	-

La tabla siguiente muestra componentes a los que típicamente se les han asignado medidas preferentes y los países que actualmente poseen normativa para éstos.

Tabla 8.4. Detalle del levantamiento de normativa vigente de medidas preferentes por componente.

País	Puertas	Ventanas	Escaleras	Módulos de Servicio	Equipamiento	Palmetas de revestimiento	Otros
ISO	X	X	X	X	X	X	X
MALASIA	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓
SINGAPUR	X	X	X	X	X	X	X
JAPÓN	✓	✓	X	X	✓	X	✓
U.S.A	X	X	X	X	X	X	X
SUECIA	X	X	X	X	X	X	✓
ALEMANIA	✓	✓	X	X	X	X	✓
U.K	X	X	X	X	X	X	X
AUSTRALIA	X	X	X	X	X	X	X

Se puede observar que, incluso para los componentes más utilizados, sólo algunos países poseen normas vigentes, mientras que el resto, en general, ha retirado la normativa a este respecto.

Se realizó un levantamiento en los dos componentes posiblemente más utilizados en una construcción tipo (puertas y/o ventanas). El levantamiento consistió en revisar las medidas de componentes que ofrecían algunos proveedores locales en los países estudiados y verificar si las medidas disponibles, en elementos de

medidas “estándar” o “comunes” coincidían entre ellos. A continuación se muestra el resultado obtenido del levantamiento, en el anexo B de este informe se puede revisar el detalle de éste.

Tabla 8.5. Resumen del levantamiento de medidas de principales componentes.

País	Existe Normativa de Medidas Preferentes	Existen medidas “Standard” en el mercado local	Observación.
MALASIA	SI	SI	En general, en los países existe una coordinación natural de los productores con la industria de la construcción para generar componentes de dimensiones “estándar”, lo cual no tiene una correspondencia con la existencia de normativa asociada.
SINGAPUR	NO	SI	
JAPÓN	SI	SI	
U.S.A.	NO	SI	
SUECIA	NO	SI	
ALEMANIA	SI	SI	
U.K.	NO	SI	
AUSTRALIA	NO	SI	

Parece lógico pensar que la industria se regule naturalmente para disponer de algunas medidas usuales de componentes, las cuales respondan a la generalidad de los proyectos y permitan la compatibilidad con otras partes y piezas. Lo anterior, en lo general revisado, no necesita de normativa u otros estándares que regulen estas disposiciones.

Así también, las medidas comunes o “estándar” de componentes se originan de un proceso iterativo natural, que combina las cualidades dimensionales de los componentes para responder de la mejor manera a requerimientos de habitabilidad, de uso y de compatibilidad con otros componentes de la construcción. En el contexto histórico, en un principio las construcciones utilizaban los materiales que se tenían disponibles, los cuales se adaptaban o dimensionaban, en lo posible, para lograr construir con éstos. Al pasar a una construcción con componentes provenientes de algún proceso industrializado, los fabricantes de éstos componentes debieron levantar las medidas típicas utilizadas, para ofrecer en primera instancia componentes que respondieran a la demanda de productos ya establecidos en la usanza natural y, de algún modo, ya estandarizadas a cierto nivel.

Por otra parte, si bien, hoy en día la personalización de los diseños parece una herramienta de marketing auspiciosa, la generación de componentes típicos con características dimensionales establecidas, que puedan generarse a través de líneas de producción tradicionales, aún sigue siendo una herramienta útil para competir en costos en proyectos típicos de construcción.

En consecuencia, la coordinación entre los actores involucrados en los proyectos parece más relevante en este punto. El conocer, primero, la existencia de medidas “estándar” que se pueden utilizar, y que están fácilmente, y por lo general a un menor valor disponibles en el mercado sería un paso importante a considerar

en estos términos. Herramientas como el BIM podrían ser propulsoras de la utilización de medidas típicas del mercado, por ejemplo al considerar objetos predeterminados para la modelación. Por parte de los productores debiera existir una coordinación en las medidas de los componentes que fabrican, logrando una adaptación general de sus productos a diversos proyectos.

Como conclusión en este punto, se tiene que la existencia o no de normativa de medidas preferentes no es condicionante para que el mercado se regule naturalmente. Tal como se mencionó anteriormente, existen otros factores más relevantes que condicionan la coordinación de dimensiones preferentes de los componentes, entre ellos la propia coordinación de los productores con la industria de la construcción.

8.1.3. Tolerancias dimensionales

Cómo se indicó anteriormente, las tolerancias constructivas y de fabricación son claves para lograr una compatibilidad dimensional y un correcto ensamble entre los componentes prefabricados y/o entre componentes prefabricados y una construcción tradicional. Para el caso de las tolerancias de fabricación de componentes prefabricados, se podrían esperar que éstas se logran ajustar con mayor facilidad que en el caso de la construcción in situ. La fabricación de componentes fuera de sitio, en una planta especializada, puede ajustar de mejor manera sus procesos y controles para generar medidas de los componentes que se ajusten mejor al diseño. Por el contrario, en la construcción tradicional, las tolerancias constructivas son un tema relevante y que normalmente causan algunos problemas de compatibilidad en la construcción. Generar, en la práctica, una construcción de obra gruesa con tolerancias ajustadas hoy en día es algo poco habitual y parece difícil de lograr.

En general, los países en estudio poseen manuales de tolerancias constructivas generales, además para cada materialidad se pueden encontrar normativas específicas, en las cuales se incluyen tolerancias admisibles para distintos elementos, por ejemplo, para vanos que recibirán componentes prefabricados (puertas o ventanas).

A continuación se muestra el resumen del levantamiento realizado en términos de normativa general de tolerancias en la construcción y tolerancias específicas por materialidad. En la tabla 8.6 es posible observar que no todos los países poseen normativa general de tolerancias en la construcción, sin embargo en todas se registraron manuales o normativas específicas por material.

En todos los casos las tolerancias admisibles se encuentran establecidas, ya sea a través de herramientas normativas o a través de manuales oficiales.

Tabla 8.6. Detalle del levantamiento de normativa de tolerancias de construcción en general.

País	Posee Normativa General de Tolerancias	Cantidad de Normas Vigentes	Posee norma o código de tolerancias admisibles específicas por materialidad	Observaciones
ISO	SI	16	-	<ul style="list-style-type: none"> Sólo posee normativa de tolerancias dimensionales generales en la construcción.
MALASIA	NO	-	SI	<ul style="list-style-type: none"> Posee manuales oficiales de tolerancias constructivas Para cada materialidad se tienen tolerancias admisibles particulares.
SINGAPUR	NO	-	SI	<ul style="list-style-type: none"> Posee manuales oficiales de tolerancias constructivas Para cada materialidad se tienen tolerancias admisibles particulares.
JAPÓN	SI	1	SI	<ul style="list-style-type: none"> Posee manuales y guías de tolerancias en la construcción. Normativa de tolerancias admisibles particular para cada materialidad.
U.S.A	NO	-	SI	<ul style="list-style-type: none"> Existen códigos y manuales que especifican tolerancias admisibles para cada materialidad.
SUECIA	SI	4	SI	<ul style="list-style-type: none"> Considera manuales de construcción europeos. Normativa de tolerancias admisibles para cada materialidad.
ALEMANIA	SI	3	SI	<ul style="list-style-type: none"> Considera manuales de construcción europeos, Normativa de tolerancias admisibles para cada materialidad.
U.K	SI	8	SI	<ul style="list-style-type: none"> Considera manuales de construcción europeos, Normativa de tolerancias admisibles para cada materialidad.
AUSTRALIA	NO	-	SI	<ul style="list-style-type: none"> Considera manuales de construcción europeos, Normativa de tolerancias admisibles para cada materialidad.

A continuación, en la tabla 8.7, se presenta un levantamiento realizado en términos de tolerancia admisibles particulares para dimensiones de vanos de puertas y/o ventanas (tolerancia de ancho y alto de vano). En este caso se incluyó, a modo comparativo, el caso de Chile (*tolerancias indicadas en el Manual de Tolerancias para Edificaciones, desarrollado por la CDT*), mientras que en el resto de los países se levantó información de manuales de tolerancias y normativa específica de tolerancias admisibles.

Se puede observar que no existe un consenso claro en términos de tolerancias admisibles, lo cual puede tener relación con las desviaciones dimensionales que admiten los componentes en específico que se fabrican en cada país.

Un punto importante observado, en particular en EE.UU., es que las tolerancias admisibles son más estrictas para desviaciones hacia el interior que hacia el exterior de los vanos. Lo anterior se fundamenta en que los componentes poseen sistemas de juntas que son posibles de adaptar con cierta holgura a una tolerancia mayor, siendo lo más relevante que el componente pueda introducirse en el vano de construcción

En lo general, en los países revisados se puede observar que las herramientas habilitadoras de la estandarización, en términos de tolerancias admisibles, pueden corresponder a normativas o manuales oficiales. Es importante indicar que, en algunos casos, las tolerancias admisibles son recogidas de códigos particulares de una institución reconocida internacionalmente. (ejemplo: *ACI para construcción con elementos de hormigón*).

Tabla 8.7. Levantamiento de tolerancias admisibles para vanos de puertas y ventanas.

País	Tolerancia Dimensional - Ancho Vano Puerta (mm)	Tolerancia Dimensional - Alto Vano Puerta (mm)	Tolerancia Dimensional - Ancho Vano Ventana (mm)	Tolerancia Dimensional - Ancho Vano Ventana (mm)
CHILE	+6 / -6	+6 / -6	*	*
MALASIA	+10 / -10	+10 / -10	+10 / -10	+10 / -10
SINGAPUR	+10 / -10	+10 / -10	+10 / -10	+10 / -10
JAPÓN	*	*	*	*
U.S.A	+38,1 / -6,35	+38,1 / -6,35	+25,4 / -0	+25,4 / -0
SUECIA	*	*	*	*
ALEMANIA	*	*	*	*
U.K	5 (L≤15000) 8 (L>1500)	5 (L≤15000) 8 (L>1500)	6 (L≤15000) 10 (L>1500)	6 (L≤15000) 10 (L>1500)
AUSTRALIA	5 o L/200	5 o L/200	6 o L/200	10 o L/200

*No levantado

8.1.4. Conclusiones

En lo general, en términos de normativa de coordinación modular los países asumen los criterios y reglas de la normativa ISO y existe una tendencia generalizada a agrupar normas en documentos consolidados que reúnen las principales reglas y definiciones de la coordinación modular.

Gran parte de la normativa de medidas preferentes se ha dado de baja en la mayoría de los países, ya que la coordinación propia del mercado se ha aplicado por sobre la normativa que existía en éstos. Actualmente, muy pocos países mantienen vigente la normativa a este respecto.

Las tolerancias de construcción en los países por lo general son indicadas en manuales técnicos, códigos de construcción o normativa oficial. Para tolerancias por materialidades particulares, en algunos casos aplican normativas y/o manuales oficiales de tolerancias admisibles en la construcción. En general, no es posible evidenciar una tendencia o consenso general en términos de tolerancias admisibles, en cada país estudiado se pudieron observar distintos criterios.

En el siguiente esquema se resumen las tendencias generales para los pilares principales de la estandarización de medidas de partes y piezas.



Figura 8.1. Esquema resumen del levantamiento normativo de los pilares principales de estandarización.

8.2. Fomento

8.2.1. Levantamiento

A continuación se presenta el levantamiento realizado en los países en estudio, referente a las regulaciones que existen en cada uno para las construcciones prefabricadas o industrializadas. En cada país se revisó la obligatoriedad o no de utilización de sistemas prefabricados (o industrializados) y si existen incentivos particulares para su uso. En la tabla 8.8 se expone el resumen del levantamiento internacional realizado.

Tabla 8.8. Detalle del levantamiento de regulaciones e incentivos a la construcción industrializada.

País	Regulaciones - Obligatoriedad	Incentivos
MALASIA	Obligatoriedad para grandes proyectos.	Incentivos para proyectos de menor envergadura e Incentivos a la industria de prefabricación.
SINGAPUR	Se exige puntaje de constructibilidad en los proyectos, dependiendo del tipo de edificio.	Incentivos tributarios a la industria de la prefabricación.
JAPÓN	No se registra obligatoriedad.	No existen incentivos especiales.
U.S.A.	No se registra obligatoriedad. (Para proyectos con prefabricados en algunos estados existen algunas exigencias).	No existen incentivos especiales.
SUECIA	No se registra obligatoriedad.	No existen incentivos especiales.
ALEMANIA	No se registra obligatoriedad.	No existen incentivos especiales.
U.K.	No se registra obligatoriedad.	No existen incentivos especiales.
AUSTRALIA	No se registra obligatoriedad.	No existen incentivos especiales para proyectos. Existen incentivos para generar industria tecnificada.

Se puede observar que en los países desarrollados, en los cuales la prefabricación de componentes tiene un desarrollo considerable, no existe obligatoriedad ni incentivos particulares para su uso. En general, la utilización de componentes prefabricados tuvo un impulso dado por situaciones especiales, como la reconstrucción posguerra, en donde el estado sí tuvo una participación activa impulsando con poder compra

a la industria de la prefabricación. En la actualidad, el desarrollo de construcciones con estos sistemas es una extensión natural, en la cual se entienden, por los diversos agentes, las ventajas que pueden obtener en su utilización, no necesitando regulaciones o incentivos especiales.

No obstante, en algunos casos se observaron algunos incentivos particulares para promover una industria tecnificada en el ámbito de componentes de la construcción. Ejemplos como Australia, en donde se han generado planes económicos estratégicos, que tienen como base proyectar su economía en el desarrollo de una industria enfocada en el valor agregado de sus productos y la futura exportación de tecnologías, han abordado la construcción industrializada como uno de los ejes a desarrollar, promoviendo la generación de una industria de componentes prefabricados que pueda abordar tanto la demanda nacional como mercados extranjeros.

En los países en vías de desarrollo, y que han impulsado planes especiales para introducir y fomentar la construcción industrializada y, en general, aumentar la productividad en esta área, poseen regulaciones especiales para impulsar la construcción con componentes prefabricados. En particular, Malasia y Singapur poseen regulaciones en las cuales existe cierto grado de obligatoriedad para algunos proyectos y/o poseen incentivos para la utilización de estos sistemas.

Estos países promueven las mejoras de productividad e introducción de sistemas industrializados a través de herramientas que tienen relación con: la utilización de compra del estado, impulsando proyectos públicos con nuevas tecnologías; regulaciones generales a grandes proyectos, exigiendo cierto grado de industrialización o de optimización en la construcción y; generando incentivos, principalmente tributarios, para los proyectos que incorporen nuevas tecnologías y a los fabricantes de productos prefabricados.

En particular, es importante destacar que los incentivos mencionados se encuentran enfocados en los proyectos de construcción industrializada en general y/o proyectos que demuestren una alta productividad, los cuales no necesariamente poseen una coordinación estandarizada de dimensiones y, por consiguiente, no responden necesariamente a una estandarización de medidas de los componentes que utilizan.

Por ser casos especiales, Malasia y Singapur se desarrollan con mayor detalle a continuación.

8.2.2. Malasia

En el caso de Malasia se exige un puntaje IBS, que se refiere al grado de industrialización de la construcción. En particular el puntaje IBS pone énfasis en las siguientes características de la obra: (CIDB; Manual for IBS Score; 2010).

- a) el uso de componentes de hormigón prefabricado.
- b) producción de componentes fuera del sitio.
- c) el uso de componentes estandarizados.

d) repetibilidad.

e) diseño usando el concepto de Coordinación Modular

Una puntuación IBS más alta refleja una mayor reducción del trabajo in situ, menor cantidad de desechos, un entorno más limpio, una mejor calidad, sitios de construcción más seguros, así como menores costos de construcción. (CIDB; Manual for IBS Score; 2010).

Actualmente se exige puntajes mínimos para proyectos públicos y proyectos privados de un presupuesto por sobre 2,4 y 12,1 millones de dólares respectivamente. No obstante, próximos lineamientos debieran apuntar a abarcar proyectos de menor presupuesto. En la siguiente figura se muestra el porcentaje de proyectos que incorporan IBS (al año 2014), se puede observar, como es de esperarse, que los proyectos industriales y comerciales son los que más utilizan estos sistemas, mientras que otros tipos de proyectos, como construcción de viviendas, abarcan un porcentaje menor. (Mohd, 2014)

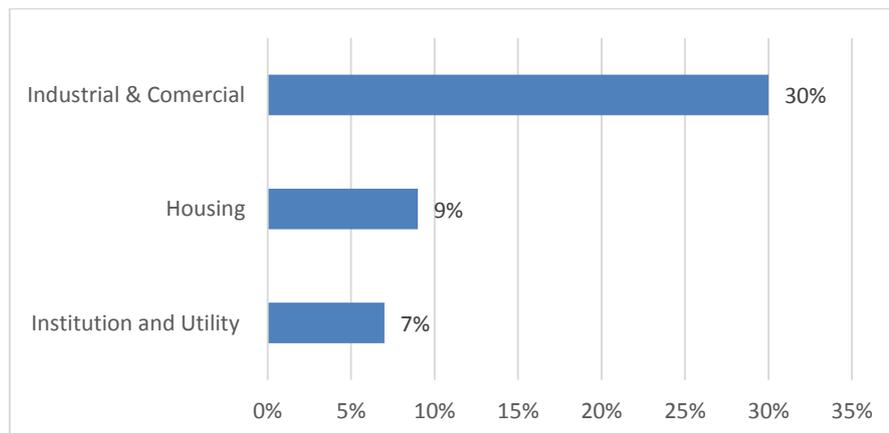


Figura 8.2. Utilización de IBS en Malasia por tipo de construcción. (Mohd, 2014)

Así también, en Malasia se registran incentivos para promover las construcciones con IBS. En particular, existen incentivos como rebajas tributarias para proyectos de viviendas que incorporen IBS o la liberación de impuestos de importación para equipos y maquinaria destinada a la producción de componentes para la construcción.

8.2.3. Singapur

En el caso de Singapur, al igual que en Malasia, se establece un sistema de puntuación a las construcciones. Este puntaje tiene relación con el aumento de la productividad en la construcción. A diferencia de Malasia, se solicita un puntaje mínimo de diseño y de construcción, de acuerdo al tipo de proyecto, independiente del presupuesto. Otra diferencia es que el puntaje no sólo tiene relación con la incorporación de componentes prefabricados, sino que apunta al aumento de la productividad en general en los proyectos de construcción.

El sistema de evaluación de diseño fue desarrollado como un medio para medir el impacto del diseño de un edificio en las labores que se deben realizar en obra. Un diseño con una puntuación más alta debiera generar que las labores en obra fueran más eficientes y con eso lograr una mejor productividad. (BCA, 2015)

El sistema de evaluación del diseño no busca restringir los diseños arquitectónicos, de hecho se reconoce la necesidad de más variedades y características arquitectónicas para satisfacer las necesidades de los clientes. Así también, el exigir índices de constructibilidad no pretende promover únicamente las tecnologías DfMA o la prefabricación. Si bien, en general, la prefabricación debiera brindar puntajes de diseño más altos, con métodos tradicionales optimizados se deberían de todas formas poder obtener puntajes igualmente altos. (BCA, 2015)

En el manual de “constructibilidad” de Singapur (BCA, Code of Practice on Buildability, 2017), se indican algunas directrices generales de diseño a considerar por los proyectistas. En primer lugar, indica que para decidir el sistema de construcción más adecuado, el diseñador debe considerar factores externos tales como, las condiciones del terreno, el acceso y almacenamiento en el lugar, así como disponibilidad de recursos, habilidades y tecnologías, secuencias de operaciones, etc. A continuación, indica, tres principios básicos a considerar, denominados como “3S”, por los conceptos de Estandarización (Standardization), Simplicidad (Simplicity) y Elementos integrados individuales (Single integrated elements).

Estandarización: Se refiere al uso y repetición de grillas, tamaños de componentes y detalles de conexión. Un diseño de grilla repetitivo, por ejemplo, facilitará una construcción más rápida, independientemente de si se utiliza una construcción tradicional o con componentes prefabricados. Del mismo modo, las columnas o revestimientos externos de tamaños regulares reducirán la cantidad de cambios de moldajes, para el caso de construcción con hormigonado in situ o de matrices, en el caso de componentes prefabricados.

Simplicidad: Diseñar de tal forma que se logre, sin mayores complicaciones ni detallamiento de instalaciones, una fácil construcción. Por ejemplo, sistemas de placa plana facilitan la instalación del moldaje y el trabajo de enfierradura. Así también, el uso de tecnologías DfMA o componentes prefabricados reduce las operaciones a realizar in situ y deberían mejorar la productividad, siempre que se tengan presente los principios de estandarización.

Elementos integrales individuales: Corresponden a aquellos que combinan componentes en un solo elemento, el cual puede fabricarse fuera del sitio de construcción para posteriormente ser instalado en obra. Las unidades modulares prefabricadas de servicio, como de baño y cocina, son ejemplos de esto.

ESTANDARIZACIÓN DE MEDIDAS DE PARTES Y PIEZAS DE COMPONENTES DE LA CONSTRUCCIÓN

8.2.4. Resumen

El levantamiento realizado se puede resumir conforme al siguiente esquema.

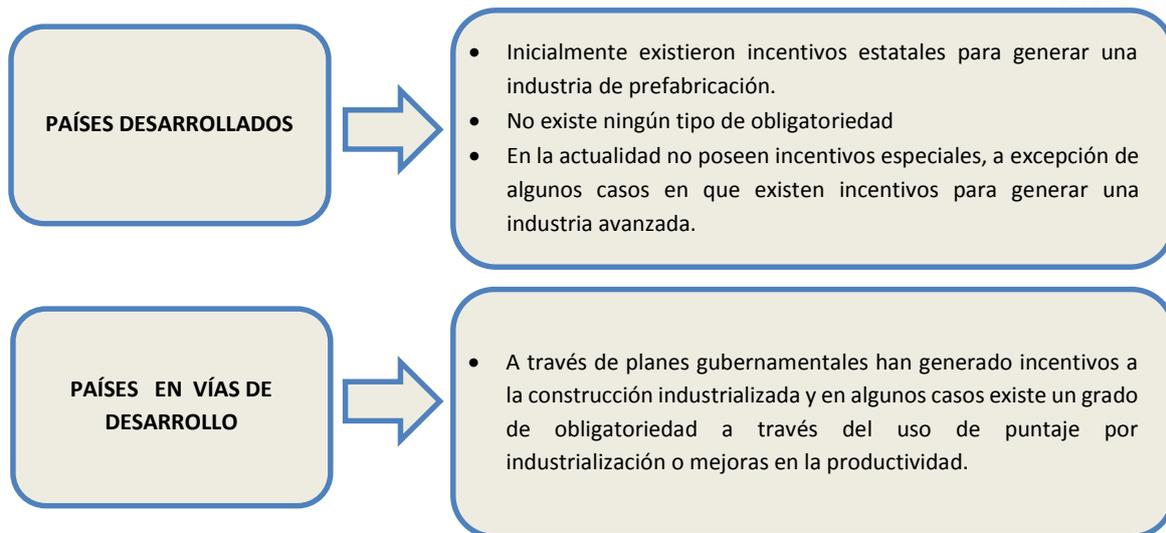


Figura 8.3. Esquema resumen del levantamiento de regulaciones e incentivos.

8.3. Difusión

8.3.1. Levantamiento General

En los países estudiados se levantaron las distintas agencias o instituciones promotoras de sistemas industrializados en la construcción.

A continuación se presenta el levantamiento realizado, indicando la agencia o institución promotora en cada país, señalando si la institución es de carácter gubernamental o corresponde a una asociación de productores de componentes prefabricados.

Tabla 8.9. Detalle del levantamiento de entidades promotoras de la construcción con componentes prefabricados.

País	Entidad Promotora	Carácter
MALASIA	CIDB (Construction Industry Development Board)	Gubernamental
SINGAPUR	BCA (Building and Construction Authority)	Gubernamental
JAPÓN	Japan Prefabricated Construction Suppliers and Manufacturers Association	Asociación de Fabricantes
U.S.A.	Modular Building Institute - Modular Home Builders Association	Asociación de Fabricantes
SUECIA	TMF - Trä & Möbelföretagen	Asociación de Fabricantes
ALEMANIA	BDF (Association of German Premanufactured Building)	Asociación de Fabricantes
U.K.	MPBA (Modular and Portable Building Association)	Asociación de Fabricantes
AUSTRALIA	PREFAB AUS/NZ	Asociación de Fabricantes

En todos los países revisados existen organizaciones o entidades encargadas de promover la utilización de componentes prefabricados. En ningún caso existen entidades que se encarguen de la estandarización de medidas de componentes solamente, sino que corresponden a entidades promotoras en general de la construcción industrializada y/o de componentes prefabricados.

Un punto importante a considerar, que se puede observar del levantamiento realizado, es que existen entidades de carácter público gubernamental y entidades de carácter privado, que reúnen a los distintos agentes comercializadores de componentes prefabricados.

Al igual que en los levantamientos anteriores, se indican, para el caso de Malasia y Singapur, un mayor detalle de las entidades promotoras existentes en esos países, las cuales, en estos casos, dependen directamente de algún entidad gubernamental.

8.3.2. Malasia

En Malasia existe el CIDB (Construction Industry Development Board), dependiente del Ministerio de Obras, el cual tiene por objetivo: “Desarrollar la capacidad y la competencia de la industria de la construcción a través del mejoramiento de la calidad y la productividad poniendo gran énfasis en el profesionalismo en un esfuerzo por mejorar la calidad de vida”. (<http://www.cidb.gov.my/>).

El CIDB fue establecido el año 1994 con el objetivo de establecer, regular, hacer cumplir y llevar a cabo otras tareas relacionadas con la industria de la construcción. El año 2012, el papel del CIDB fue fortalecido para llevar a cabo el cumplimiento de las regulaciones, que puedan garantizar la calidad y la construcción segura, así como para mejorar las buenas prácticas en la industria de la construcción. (<http://www.cidb.gov.my/>)

Dentro de las funciones específicas que posee el CIDB, se encuentran:

- Promover y estimular el desarrollo, la mejora y la expansión de la industria de la construcción.
- Aconsejar y hacer recomendaciones al gobierno federal y al estado sobre asuntos que afectan o están relacionados con la industria de la construcción.
- Promover, estimular y llevar a cabo investigaciones sobre temas relacionados a la industria de la construcción.
- Promover, estimular y ayudar en la exportación de servicios relacionados con la industria de la construcción.
- Proporcionar servicios de consultoría y asesoría con respecto a la industria de la construcción.
- Promover garantías en la calidad de las construcciones.
- Promover la estandarización y las mejoras en las técnicas de construcción y los materiales.
- Mantener un sistema de información de la industria de la construcción.
- Proporcionar, promover, revisar y coordinar programas de capacitación organizados por centros de educación públicos y privados.
- Acreditar y registrar contratistas y trabajadores de la construcción.

8.3.3. Singapur

En Singapur, con el objetivo de aumentar la productividad en la obras de construcción, se estableció, en el año 1999, el Building and Construction Authority (BCA), dependiente del Ministerio de Desarrollo, al cual se

le asignó las funciones de desarrollar regulaciones para la construcción, teniendo como objetivo principal aumentar la producción en este ámbito. (www.bca.gov.sg)

La misión declarada es “conformar un entorno seguro, de alta calidad, sostenible y amigable”, con una visión de “Conformar un entorno en la construcción listo para el futuro de Singapur”. De acuerdo con la misión y visión planteadas, los objetivos estratégicos que posee el BCA son: (www.bca.gov.sg)

- Generar una organización atenta e innovadora: Cuidando a nuestra gente, a la comunidad y al medio ambiente con un espíritu de innovación, buen gobierno y excelencia en el servicio, en todo lo que hacemos.
- Generar un entorno de la construcción seguro y de alta calidad: Garantizando altos estándares de seguridad y promoviendo la excelencia de calidad en la construcción.
- Generar un ambiente amigable y sostenible: Manteniendo un ambiente en la construcción inclusivo y sostenible para personas de todas las edades, habilidades y necesidades.
- Generar y mantener un entorno de la construcción avanzado y constructivo: Liderando la transformación del sector del entorno constructivo a través de:
 - el desarrollo de una fuerza de trabajo profesional altamente competente,
 - la adopción de tecnologías productivas y revolucionarias, y
 - la promoción de las experiencias en la construcción en el exterior.
- Alianzas efectivas con los actores involucrados: Forjando alianzas con partes interesadas y la comunidad, para construir un entorno de la construcción listo para el futuro de Singapur.

8.3.4. Resumen

En resumen, las dos tendencias que diferencian a los países desarrollados y los países en vías de desarrollo son:

Entidades gubernamentales – Principalmente en países en vías de desarrollo en los cuales existe una motivación del estado por aumentar la productividad en la construcción.

Entidades Privadas (Asociaciones) – En los países desarrollados las entidades promotoras corresponden a asociaciones de privados relacionados a la industria de los prefabricados.

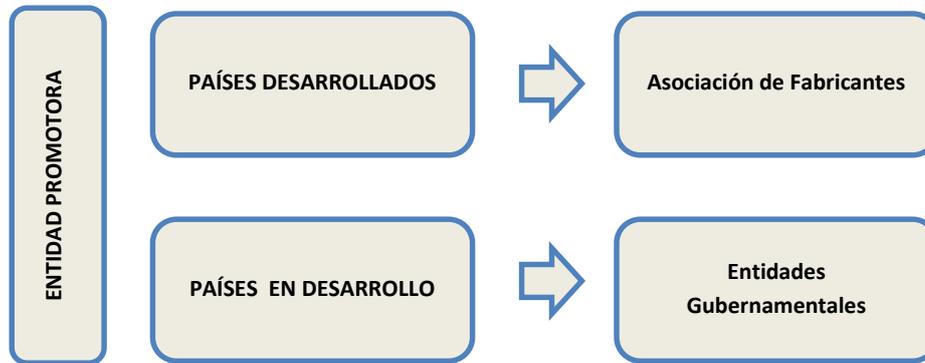


Figura 8.4. Esquema resumen del levantamiento de entidades promotoras.

En los casos de Malasia y Singapur, en donde las motivaciones de generar planes estratégicos para mejorar la productividad en la construcción son similares a los que hoy se plantean a nivel nacional, se pudo observar que las entidades encargadas de generar los planes estratégicos y realizar actividades de fomento y difusión corresponden a entidades que se encuentran ligadas a un ministerio de los países. Estas instituciones tienen un rol fundamental en la regulación de las construcciones, por lo cual las líneas de acción que se plantean que se encuentran íntimamente ligadas con los requisitos que deben cumplir las edificaciones.

8.4. Resumen del levantamiento internacional

A continuación se presenta un resumen del levantamiento internacional realizado.

8.4.1. Normativa

Tabla 8.10. Cuadro Resumen del levantamiento normativo.

Coordinación Modular	Normativa consolidada de acuerdo a principios y reglas de normativa ISO.
Medidas Preferentes	Tendencia general a no considerar normativa en este ámbito – regulación propia del mercado.
Tolerancias Constructivas	Tolerancias generales de acuerdo a normativa ISO – Tolerancias por materialidad de acuerdo a normativa específica y/o manuales de tolerancias admisibles.

8.4.2. Incentivos y Regulaciones

Tabla 8.11. Cuadro Resumen de incentivos y regulaciones.

Países Desarrollados	Inicialmente existieron incentivos estatales para generar una industria de prefabricación. En la actualidad no poseen incentivos especiales.
Países en Desarrollo	A través de planes gubernamentales han generado incentivos a la construcción industrializada y en algunos casos existe un grado de obligatoriedad.

8.4.3. Promoción y Difusión

Tabla 8.12. Cuadro Resumen de instituciones encargadas de la promoción y difusión.

Países Desarrollados	Asociación de Fabricantes.
Países en Desarrollo	Entidades Gubernamentales.

8.4.4. Cuadro resumen

A continuación se presenta un cuadro resumen general con los principales puntos con el levantamiento internacional realizado.

Tabla 8.13. Cuadro Resumen General del Levantamiento Internacional.

País	Normas y Estándares	Regulaciones / Incentivos	Entidad Promotora
MALASIA	Normas nacionales de Coordinación Modular basadas en ISO y normas de Medidas Preferentes de componentes.	-Obligatoriedad para grandes proyectos. -Incentivos para otros proyectos y para la industria.	CIDB (Construction Industry Development Board) - Gubernamental -
SINGAPUR	Guías de Coordinación Modular basadas en ISO y Guías de Componentes Estandarizados.	Se exige puntaje de industrialización en las construcciones dependiendo del tipo de edificio. Existen incentivos tributarios a la industria.	BCA (Building and Construction Authority) - Gubernamental -

País	Normas y Estándares	Regulaciones / Incentivos	Entidad Promotora
JAPÓN	Normativa de Coordinación Modular basadas en ISO, Medidas preferentes y tolerancias constructivas.	No se registra obligatoriedad. No existen incentivos particulares.	Japan Prefabricated Construction Suppliers and Manufacturers Association - Asoc. de Fabricantes -
U.S.A.	No posee Normativa propia (tampoco se rige por ISO en la práctica)	No se registra obligatoriedad. No existen incentivos particulares.	Modular Building Institute - Modular Home Builders Association - Asoc. de Fabricantes -
SUECIA	Se Acopla a Normativa ISO de Coordinación Modular.	No se registra obligatoriedad. No existen incentivos particulares.	TMF - Trä & Möbelföretagen - Asoc. de Fabricantes -
ALEMANIA	Se Acopla a Normativa ISO de Coordinación Modular.	No se registra obligatoriedad. No existen incentivos particulares.	BDF (Association of German Premanufactured Building) - Asoc. de Fabricantes -
U.K.	Normativa Propia equivalente a normativa ISO.	No se registra obligatoriedad. No existen incentivos particulares.	MPBA (Modular and Portable Building Association) - Asoc. de Fabricantes -
AUSTRALIA	Se Acopla a Normativa ISO de Coordinación Modular.	No se registra obligatoriedad. Existen incentivos particulares para el desarrollo de la industria.	PREFAB AUS - Asoc. de Fabricantes -

ESTANDARIZACIÓN DE MEDIDAS DE PARTES Y PIEZAS DE COMPONENTES DE LA CONSTRUCCIÓN

9. DIAGNÓSTICO NACIONAL

A continuación se presenta el levantamiento realizado a nivel nacional, referente a las estrategias y líneas de acción levantadas internacionalmente, junto con diagnósticos parciales que se pueden evidenciar en cada ámbito referido a la estandarización de medidas de partes y piezas de componentes de la construcción.

9.1. Normativa

En los años 70 se generó en el país un número importante de normativas referidas a la coordinación modular. Entre ellas se establecían los principios y reglas generales, el módulo básico (o normal), coordinación de dimensiones horizontales y verticales, así como algunas medidas preferentes de partes y componentes de la construcción. En lo principal, las reglas generales de la coordinación modular son concordantes con los consensos internacionales. En la tabla 9.1 se indican las normativas nacionales referentes a coordinación modular.

Tabla 9.1. Normativa Nacional de Coordinación Modular.

	Código	Título	Estado de Vigencia
1	NCh1399:1978	Coordinación modular de la construcción - Principios y reglas	Vigente
2	NCh1470:1978	Coordinación modular de la construcción - Dimensiones de coordinación horizontales de control - Líneas de referencias	Vigente
3	NCh346:1978	Coordinación modular de la construcción - Módulo normal	Vigente
4	NCh641:1972	Arquitectura y construcción - Coordinación modular - Vanos y cerramientos	Vigente
5	NCh684:1978	Coordinación modular de la construcción - Vocabulario y representación gráfica	Vigente
6	NCh685:1978	Coordinación modular de la construcción - Serie normal de dimensiones modulares	Vigente
7	NCh710:1970	Arquitectura y construcción - Coordinación modular - Alturas libres interiores y espesores de entepiso en viviendas	Vigente
8	NCh741:1971	Coordinación modular de la construcción - Albañilerías modulares	Vigente
9	NCh742:1970	Arquitectura y construcción - Coordinación modular en bloques huecos de hormigón - Dimensiones	Vigente
10	NCh743:1978	Coordinación modular de la construcción - Módulos de proyecto	Vigente
11	NCh744:1978	Coordinación modular de la construcción - Posición de los componentes de la construcción con respecto a la cuadrícula modular de referencia	Vigente
12	NCh771:1972	Arquitectura y construcción - Coordinación modular - Ladrillos cerámicos - Dimensiones modulares	Vigente
13	NCh831:1971	Coordinación modular en albañilería de ladrillos cerámicos - Terminología y requisitos	Vigente
14	NCh886:1973	Arquitectura y construcción - Coordinación modular en elementos para entrepisos	Vigente

	Código	Título	Estado de Vigencia
15	NCh887:1973	Arquitectura y construcción - Coordinación modular - Paneles verticales - Serie de dimensiones	Vigente
16	NCh1464:1978	Coordinación modular de la construcción - Recintos sanitarios modulares	Vigente

Con respecto a la normativa de medidas preferentes, existe una norma vigente y validada el año 2000, en la cual se indican medidas preferentes para puertas y ventanas.

Tabla 9.2. Normativa Nacional medidas preferentes.

	Código	Título	Estado de Vigencia
1	NCh447:2000	Carpintería - Modulación de ventanas y puertas	Vigente

En siguiente figura se indican las medidas preferentes de puertas y ventanas estipuladas en la normativa nacional.

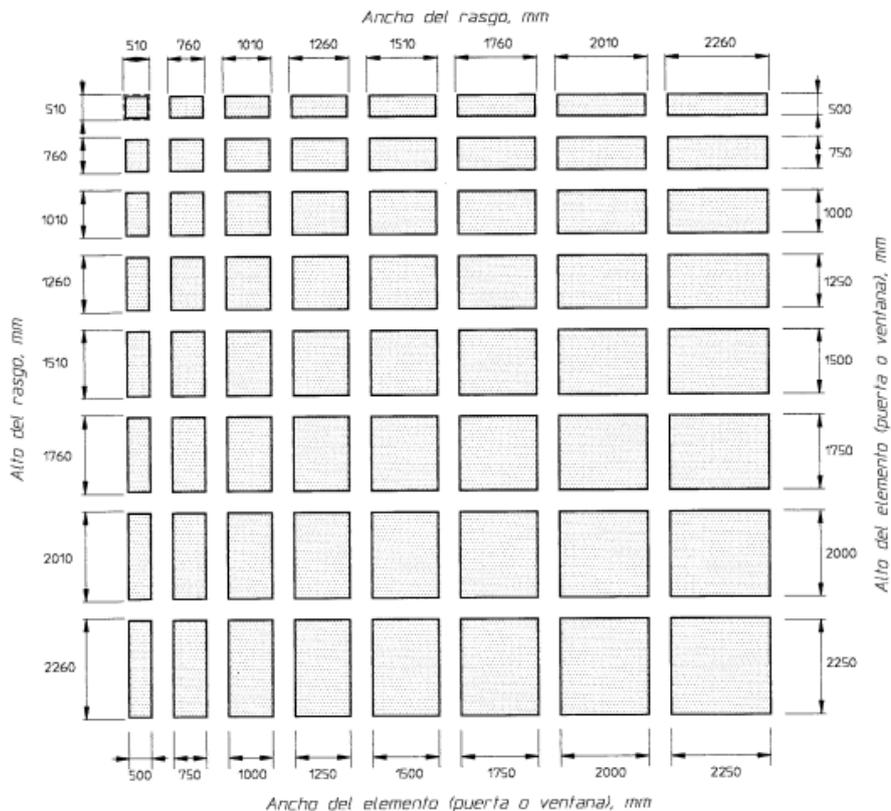


Figura 9.1. Medidas preferentes para puertas y ventanas.

ESTANDARIZACIÓN DE MEDIDAS DE PARTES Y PIEZAS DE COMPONENTES DE LA CONSTRUCCIÓN

Si bien existe actualmente una normativa vigente para la coordinación dimensional de puertas y ventanas, se debiera revisar su concordancia con las reglas generales de la coordinación modular y las medidas que, en la práctica, son utilizadas en los proyectos.

La norma NCh641, indicada anteriormente en las normas de coordinación modular, señala también medidas preferentes de vanos y cerramientos, transitables y no transitables, los cuales son compatibles con las reglas de la coordinación modular y deberían considerarse para las medidas de las puertas y ventanas.

Con respecto a tolerancias constructivas, no se encontraron normativas relacionadas. La normativa encontrada referente a tolerancias dimensionales se refiere a tolerancias en algunos elementos que pueden ser utilizados en construcción, por ejemplo unidades de madera. En la tabla 9.3 se indican las normativas nacionales encontradas en este ámbito.

Tabla 9.3. Normativa Nacional relacionada a tolerancias.

	Código	Título	Estado de Vigencia
1	NCh1137:1977	Acero - Piezas estampadas en caliente - Tolerancias en las dimensiones	Vigente
2	NCh174:2007	Maderas - Unidades, dimensiones nominales, tolerancias y especificaciones	Vigente
3	NCh2824:2003	Maderas - Pino radiata - Unidades, dimensiones y tolerancias	Vigente
4	NCh495:2007	Papeles - Tamaños sin formato - Designación y tolerancias para los rangos primarios y suplementarios e indicación de la dirección de fabricación	Vigente
5	NCh1717:1979	Aluminio y sus aleaciones - Productos extruidos - Tolerancias dimensionales (OBSERVACION: Norma técnica antigua que ha sido escaneada. Baja calidad)	Vigente
6	NCh1719:1979	Aluminio y sus aleaciones - Productos laminados planos - Tolerancias dimensionales (OBSERVACION: Norma técnica antigua que ha sido escaneada. Baja calidad)	Vigente
7	NCh697:1974	Acero - Barras y perfiles livianos - Clasificación y tolerancias	Vigente
8	NCh701:1971	Acero - Planchas delgadas de acero al carbono laminadas en caliente - Tolerancias	Vigente
9	NCh702:1971	Acero - Planchas delgadas de acero al carbono laminadas en frío - Tolerancias	Vigente
10	NCh703:1971	Acero - Planchas gruesas de acero al carbono laminadas en caliente - Tolerancias	Vigente
11	NCh133:1996	Vidrios planos para arquitectura y uso industrial - Espesores nominales normales y tolerancias	Vigente

En el contexto de normas referentes a la estandarización de medidas, es importante mencionar que hoy se encuentra un comité técnico trabajando en el desarrollo de normativa relacionada a coordinación modular y medidas preferentes. La metodología actual es adaptar la normativa que hoy en día posee Malasia, en términos de coordinación modular y medidas preferentes (Set de normas MS 1064).

A continuación se indican las normas que se desean tomar de referencia y los encargados de su revisión y/o adaptación.

Tabla 9.4. Normas a revisar para generar normativas nacionales.

MS 1064	Part 1. General Principles.
	Part 4. Coordinating Size and Preferred Sizes for doorsets.
	Part 5. Coordinating Size and Preferred Sizes for windowsets.
	Part 2. Storey Heights and Room Heights.
	Part 7. Coordinating Sizes and Preferred Sizes for Tiles.
	Part 10. Coordinating Sizes and Preferred Sizes for Reinforced Concrete Components
	Part 9. Coordinating Sizes and Preferred Sizes for Cabinets.
	Part 3. Coordinating Sizes and Preferred Sizes for stairs and Stairs Openings.
	Part 6. Coordinating Sizes and Preferred Sizes for Rigid Flat Sheets.
	Part 8. Coordinating Sizes and Preferred Sizes for Masonry Bricks and Blocks

En particular, el proyecto de norma NCh3509, que considera la parte 1 de la norma MS1064, inicialmente pensó en tomar como base la normativa británica BS 6750:1986, la cual a su vez es análoga a un set de normas ISO de coordinación modular, lo cual va en la misma línea internacional de agrupar normativa. Actualmente, se evalúa la opción de tomar como referencia las normativas de Malasia para generar la normativa nacional. De acuerdo a la revisión internacional realizada, la tendencia internacional es a asumir la normativa ISO como base para la coordinación modular. Ahora bien, los principios de la coordinación modular están aceptados globalmente, y en cada normativa, inclusive en la de Malasia, se plasman en general los mismo principios y reglas.

Cómo se mencionó anteriormente, existe también un grupo de trabajo en la ISO que se encuentra realizando un trabajo de agrupación de varias normas relativas a coordinación modular en un solo documento, lo cual sigue la tendencia general de los países. Documentos de este estilo serían válidos de revisar al momento de generar normativa nacional en este ámbito.

En el contexto de las normativas que se encuentran en desarrollo, y de acuerdo a la revisión realizada, se vuelve relevante considerar las normativas referentes a tolerancias constructivas como un eje principal para la coordinación de dimensiones y el éxito de su implementación, eje que al parecer no está siendo actualmente abordado hoy en los comités técnicos referidos a estos temas, pero si se tiene en vista en trabajos futuros. Actualmente, existe un Manual de Tolerancias para Edificaciones, desarrollado por la CDT,

en el cual se especifican algunas tolerancias admisibles para la construcción. Sin embargo, en la práctica, no son consideradas como mandatorias y, por lo general, no forman parte de las especificaciones de los proyectos.

En lo medular, la generación de normativa nacional podría apuntar, de acuerdo al levantamiento internacional realizado, a la elaboración de normativas nacionales referentes a los principios y reglas de la coordinación modular y tolerancias constructivas que habiliten, en la práctica, la utilización de componentes de medidas estandarizadas. De acuerdo a la tendencia internacional, podrían considerar como referenciales la norma británica o la norma ISO que actualmente se está estudiando. En particular, la herramienta habilitante de estandarización, en el eje de coordinación modular, debiera considerar a lo menos los siguientes temas:

- Módulo Básico
- Vocabulario
- Principios y Reglas Generales
- Coordinación Horizontal de dimensiones
- Coordinación Vertical de Dimensiones
- Incrementos Sub-Modulares

Con respecto a la normativa de medidas preferentes, la tendencia internacional ha sido la de no poseer normativa específica en este ámbito, promoviendo una coordinación propia de la industria de las medidas comunes o “estándar” que puedan comercializar.

Al igual que en otros países, los componentes más comúnmente usados en la construcción poseen ciertas medidas preferentes que se ven reflejadas en el mercado, el cual posee una tendencia natural a utilizar ciertas medidas que se comparten intrínsecamente entre los actores de la industria. En la práctica, las medidas preferentes no se regulan a través de la normativa. Un ejemplo son las medidas de las puertas y ventanas, las cuales sí poseen una normativa de medidas preferentes, y pueden ser encontradas en el mercado obviamente, pero no son necesariamente las más comercializadas, existiendo otras dimensiones que si se repiten con mayor frecuencia en los proyectos.

Por otra parte, las medidas “estándar” si bien pueden estar coordinadas dimensionalmente con el diseño, el problema latente de las tolerancias constructivas atenta, en este caso, con el uso de los componentes de medidas establecidas. En muchos casos, aun cuando se coordinen las dimensiones de los componentes con anterioridad, es necesario rectificar medidas en terreno, ya que las tolerancias admisibles, en la práctica, suelen ser muy amplias, no permitiendo la correcta instalación o ensamble de los componentes.

En este punto, se vuelve necesario un trabajo conjunto que considere el establecer algunas medidas preferentes en los diseños para los distintos componentes y el establecer tolerancias admisibles en la construcción que permita un correcto ensamble de estos componentes sin la necesidad de correcciones en la obra.

Las medidas preferentes deben ser de conocimiento general y se deben promocionar las ventajas de su utilización de manera transversal. En este ámbito, a nivel nacional podrían aprovecharse las iniciativas para implementar BIM, como una herramienta para la promoción y el uso práctico de componentes estandarizados, implementado objetos predeterminados que pudieran utilizarse por los proyectistas en el diseño de las construcciones.

La mejora en la disminución de las tolerancias admisibles en la construcción debiera trabajarse a través de una fuerza de trabajo permanente en la cual se aborden estudios y comités enfocados en consensuar sobre las tolerancias admisibles con la utilización de componentes prefabricados y los sistemas de conexiones existentes.

Conducentemente, las prioridades de generación de normativa debieran enfocarse en la actualización y complementación de estándares que definan las reglas y principios de la coordinación modular de acuerdo a los estándares internacionales, indicados en las normativas ISO, mientras que las medidas preferentes podrían abordarse desde el ámbito de los fabricantes de los productos prefabricados en conjunto con los agentes involucrados en la industria.

Oportunidades en el entorno BIM podrían ser aprovechadas para implementar en ese punto algunas coordinaciones de dimensiones en el diseño de las construcciones y en términos de medidas preferentes. Experiencias como utilidades de grillas de diseño establecidas y bloques de componentes predeterminados podrían ser útiles para abordar la coordinación desde el diseño. Lo anterior es concordante con algunos planes que ya se encuentran en desarrollo, como el Plan BIM, en el cual se buscan introducir herramientas y metodologías BIM en proyectos públicos, a través del poder de compra del estado.

9.2. Fomento

Hoy en día no se cuentan con regulaciones o incentivos que promuevan el uso de componentes prefabricados ni la coordinación de dimensiones. Si bien existe normativa, por ejemplo de coordinación modular y de medidas preferentes para puertas y ventanas, éstas no son utilizadas en la práctica.

Por otra parte, se pudo observar en el diagnóstico nacional que existen reglamentaciones y especificaciones de proyectos que, en la práctica, no representan herramientas habilitadoras de la coordinación de dimensiones o el uso de componentes estandarizados dimensionalmente. Documentos como la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC) o los términos de referencia para viviendas sociales especifican dimensiones mínimas que condicionan los diseños de tal forma, que no favorecen la coordinación de dimensiones. Más aún, estas especificaciones hoy en día representan una barrera para ese tipo de estandarización. Para habilitar la coordinación de dimensiones y promover el uso de componentes estandarizados correspondería revisar las reglamentaciones vigentes, en cuanto a su concordancia con las reglas generales de la coordinación modular, así como medidas preferentes que puedan generarse de algunos componentes críticos.

A modo de ejemplo, se pueden mencionar algunos casos de especificaciones que aparecen en reglamentos o documentos regulatorios que generan hoy en día algunas incompatibilidades del diseño con el uso de componentes prefabricados.

OGUC: Con respecto a las condiciones de habitabilidad en las edificaciones, se define una altura mínima de piso a cielo de 2,3 metros. Por otra parte, las placas de revestimiento de yeso, que normalmente se ocupan en la construcción son de dimensiones de 1,2 m x 2,4 m. El diseño que normalmente se considera es el mínimo para cumplir con estas especificaciones mandatorias, lo que, en la práctica, genera incompatibilidades dimensionales y despuntes en las obras.

Así también, en las viviendas públicas se especifican dimensiones mínimas de los espacios de acuerdo al mobiliario que debe disponerse en su interior, sin considerar compatibilidades con los componentes o materiales utilizados en la construcción. Figura 9.2.

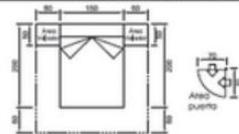
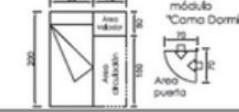
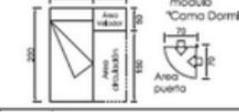
CUADRO NORMATIVO Y TABLA DE ESPACIOS Y USOS MÍNIMOS PARA EL MOBILIARIO para proyectos del Fondo Solidario de Elección de Vivienda regulado por el D.S. N° 49, (V. y U.), 2011				2/7
DORMITORIO PRINCIPAL		SUPERFICIE MÍNIMA DEL PISO (m²) (Área construida)	ÁREA MÍNIMA DEL CIELO (m²) (Área construida)	REQUERIMIENTOS
1 Cama de 2 plazas 2 áreas de veladores		7,3 m²	-	<ul style="list-style-type: none"> Deberá considerarse el espacio disponible para 1 cama de 2 plazas, de 150 cm por 200 cm. Deberá considerarse espacio de circulación en 3 de sus lados, de ancho mínimo 60 cm. Deberá considerarse área para 2 veladores de acuerdo a lo planificado. Las circulaciones sólo podrán superponerse a áreas de puerta y uso de closet. El área del velador no podrá superponerse con áreas de circulación, uso de closet y puerta.
SEGUNDO DORMITORIO Y DORMITORIO PROYECTADO		7,0 m² (para Segundo Dormitorio) 8,0 m² (para Segundo Dormitorio Proyectado)	220 cm	<ul style="list-style-type: none"> Tanto el Segundo Dormitorio, como el Dormitorio Proyectado, deberán considerarse la cotilla de 2 módulos tipo "Cama Dormitorio" con su respectiva área de circulación y de velador. Además, debe considerarse 1 área de puerta. La amplitud proyectada puede constituir un nuevo "Dormitorio Principal" de acuerdo a los requerimientos del presente documento, en la medida que los otros dos dormitorios resultantes, cumplan con los requerimientos del Segundo Dormitorio. Las circulaciones sólo podrán superponerse a áreas de puerta y uso de closet. Las áreas de circulación válidas para ambos módulos "Cama Dormitorio" podrán superponerse, de igual forma podrán hacerse las áreas de velador. El área del velador no podrá superponerse con áreas de circulación, uso de closet y puerta.
DORMITORIO CONSTRUIDO ADICIONAL		4,5 m²	-	<ul style="list-style-type: none"> Estos requerimientos serán exigibles únicamente cuando se ejecute inicialmente un "Dormitorio Construido Adicional". Deberá considerarse la cotilla de 1 módulo tipo "Cama Dormitorio" con su respectiva área de circulación y de velador. Además, debe considerarse 1 área de puerta. Las circulaciones sólo podrán superponerse al área de puerta y uso de closet. El área del velador no podrá superponerse con áreas de circulación, uso de closet y puerta.

Figura 9.2. Extracto de Cuadro Normativo y Tabla de Espacios y Usos Mínimos para el Mobiliario para el Proyecto del Programa Fondo Solidario de Elección de Vivienda. (fuente: <https://www.leychile.cl>)

Con respecto a los incentivos, la capacidad de compra del estado ha demostrado ser una herramienta útil para coordinar de forma intrínseca a la industria de construcción. Proyectos de vivienda social, motivados por el estado, podrían incorporar algunas especificaciones de coordinación modular y tolerancias que generasen proyectos con estas características. Los documentos antes mencionados, que hoy generan barreras en la utilización de componentes estandarizados, podrían aprovecharse para generar incentivos intrínsecos en la utilización de componentes estandarizados.

9.3. Difusión y Capacitación

Hoy en día, a nivel nacional, recién se ha comenzado a trabajar en un plan para la implementación de sistemas industrializados en la construcción, por lo cual no existen hoy en día incentivos o una difusión general que tenga relación con estandarización de medidas.

De acuerdo a la revisión internacional realizada, los distintos países poseen alguna entidad que tiene como propósito la promoción de sistemas de construcción con componentes prefabricados. Como se mencionó anteriormente, los países desarrollados que tienen ya implementados sistemas prefabricados como alternativa a la construcción tradicional, normalmente poseen asociaciones de fabricantes y actores relacionados a la industria que buscan promover y difundir estos sistemas. En el caso de países en desarrollo, en los cuales se está llevando a cabo algún plan para introducir la industrialización en la construcción, las entidades promotoras y encargadas de difundir conocimiento en este ámbito son de carácter gubernamental.

En el contexto nacional, de todas formas debe existir una entidad encargada de promover y difundir conocimiento de los métodos de construcción industrializada. En este contexto podría establecerse una fuerza de trabajo permanente que se haga cargo de temas de estandarización de componentes, y en particular de temas de estandarización de medidas.

Una herramienta que puede aprovecharse es la constitución del CCI (Consejo de Construcción Industrializada) que entre sus motivaciones se encuentra el promover los sistemas industrializados en la construcción. Dentro de este consejo podría establecerse un grupo de trabajo que fomentara la estandarización de medidas de partes y piezas de componentes de la construcción. Este grupo debiera estar íntimamente ligado con el trabajo que actualmente se encuentra realizando el INN en términos de estandarización de medidas.

Con respecto a la capacitación en temas referidos a coordinación dimensional y estandarización de medidas, no se identifican acciones concretas en este ámbito hoy en día. El desconocimiento general de la coordinación modular y el uso de componentes estandarizados es una brecha importante a superar a nivel nacional. La capacitación en estos temas debe ser transversal en los agentes y profesionales involucrados en los proyectos de construcción. Dentro de las iniciativas que hoy se plantea el CCI se encuentra la capacitación y la incorporación de temas de industrialización en mallas curriculares de las carreras profesionales afines. Esta iniciativa del CCI debiera considerar como uno de los temas principales a abordar, la coordinación de dimensiones y el uso de medidas estandarizadas en los componentes.

9.4. Coordinación entre agentes

En la actualidad los proyectos de construcción nacionales poseen poca o nula coordinación temprana entre los agentes involucrados. Normalmente el diseño se realiza en forma independiente, sin mayores consideraciones a metodologías constructivas o sistemas prefabricados que pudieran utilizarse. Lo anterior, refleja una brecha importante en este ámbito, la cual debe afrontarse desde la estandarización por una parte y herramientas que fomenten la coordinación entre los actores de forma temprana, en cada uno de los proyectos de construcción.

Otro punto importante, que resulta del diagnóstico nacional, es que los contratos con los que hoy en día se trabaja en los proyectos de construcción, muchas veces no generan incentivos para lograr una correcta compatibilidad dimensional entre componentes prefabricados o entre componentes prefabricados y la obra gruesa. Casos típicos en donde los contratos no representan una herramienta útil para promover la compatibilidad dimensional y de tolerancias es el caso de contratos por separado de obra gruesa y de

instalación de componentes, tipo puertas y ventanas. Los contratos de obra gruesa por lo general no poseen incentivos para preocuparse de las desviaciones dimensionales resultantes, la principal motivación es el avance, considerando sólo tangencialmente la calidad lograda. Lo anterior ha generado una tendencia, que hoy se considera normal, de rectificar medidas para instalar componentes prefabricados, lo cual obviamente va en desmedro del aprovechamiento en la utilización de estos componentes. De lo anterior se extrae una brecha nacional en este ámbito, pero también una oportunidad de incentivar, a través de modelos de contratos especiales, mejoras en las tolerancias constructivas de los proyectos.

9.5. Resumen de Diagnóstico Nacional

A continuación se presenta un resumen los principales resultados obtenidos en el diagnóstico nacional.

9.5.1. Normativa

Coordinación Modular	<ul style="list-style-type: none"> • La normativa existente si bien es concordante con lineamientos generales de coordinación modular, se encuentra desactualizada. • Actualmente existe un comité que se encuentra trabajando en el desarrollo de normativa en este ámbito, lo cual representa una clara oportunidad de establecer los lineamientos de coordinación modular de acuerdo a las tendencias internacionales.
Medidas Preferentes	<ul style="list-style-type: none"> • Existen normas de medidas preferentes para puertas y ventanas. Se debe revisar su compatibilidad con la coordinación modular. • Existen medidas típicas usadas en el mercado para algunos componentes de la construcción, las cuales son comercializadas por diversos proveedores y no necesariamente responden a normativa de medidas preferentes.
Tolerancias Constructivas	<ul style="list-style-type: none"> • No se registra normativa específica de tolerancias constructivas generales de la construcción. • Existe un manual de tolerancias constructivas, el cual no se considera como parte de las especificaciones de los proyectos.

9.5.2. Incentivos y Regulaciones

No existen incentivos ni regulaciones especiales para la construcción industrializada ni la coordinación de dimensiones.

Existen regulaciones y especificaciones que, en la práctica, generan una barrera para la implementación de la coordinación modular, las cuales deben ser revisadas para habilitar la coordinación de dimensiones.

9.5.3. Difusión y Capacitación

En la actualidad recién se ha comenzado con programas que buscan planificar la implementación de sistemas industrializados y el uso de prefabricados.

Dentro de estos programas existen entidades, como el CCI, que pudiera encargarse de realizar fomento y difusión de las áreas de construcción industrializada y, en particular, de la estandarización de dimensiones.

9.5.4. Coordinación entre agentes

Hoy en día es poco común observar casos de coordinación temprana de los agentes en un proyecto de construcción.

Un punto importante levantado en el diagnóstico es que los modelos de contrato que actualmente se utilizan en las obras generan pocos incentivos en la coordinación y compatibilidad dimensional. Por lo cual, una de las líneas de acción debiera apuntar al estudio de nuevos marcos contractuales que permitieran, a través de la correcta definición de actividades y producto resultantes en cada partida, disminuir las desviaciones dimensionales y ayudar a la compatibilidad entre los componentes de la construcción.

9.5.5. Principales Brechas

Las principales brechas identificadas a nivel nacional corresponden a:

- a. Regulaciones o especificaciones que no se encuentran alineadas con medidas estandarizadas de componentes, lo cual genera, en la práctica, barreras para la implementación de una estandarización dimensional y el uso de componentes prefabricados.
- b. La coordinación entre actores es escasa en los proyectos de construcción, por lo cual hoy en día representa una brecha importante que debe fomentarse para lograr una coordinación necesaria en los proyectos de construcción que incorporen componentes prefabricados.
- c. En la práctica, en la gran mayoría de los proyectos no existe un diseño integrado, detallado y temprano que aborde los temas necesarios de compatibilidad en la utilización de componentes estandarizados, por lo cual deben generarse herramientas que facilitaran la generación de diseños racionalizados, que fomentaran el uso de componentes prefabricados.
- d. Las tolerancias dimensionales son un problema latente en las construcciones tradicionales que incorporan componentes prefabricados. Aun cuando se genere una coordinación entre los actores, las desviaciones dimensionales de la construcción no permiten la correcta compatibilidad e instalación de estos componentes en obra, por lo cual se vuelve necesario trabajar en líneas de acción conducentes a disminuir estas desviaciones en obra, para habilitar el uso de componentes prefabricados.

- e. Los proyectos de construcción trabajan normalmente con subcontratos en los cuales su rendimiento se mide casi únicamente de acuerdo al avance obtenido, no teniéndose, en general, incentivos ni obligatoriedad de cumplir con un cierto grado de calidad, por ejemplo el de ajustarse a tolerancias dimensionales admisibles.

A continuación se presenta presentan las principales brechas identificadas en la cadena de valor de la construcción.

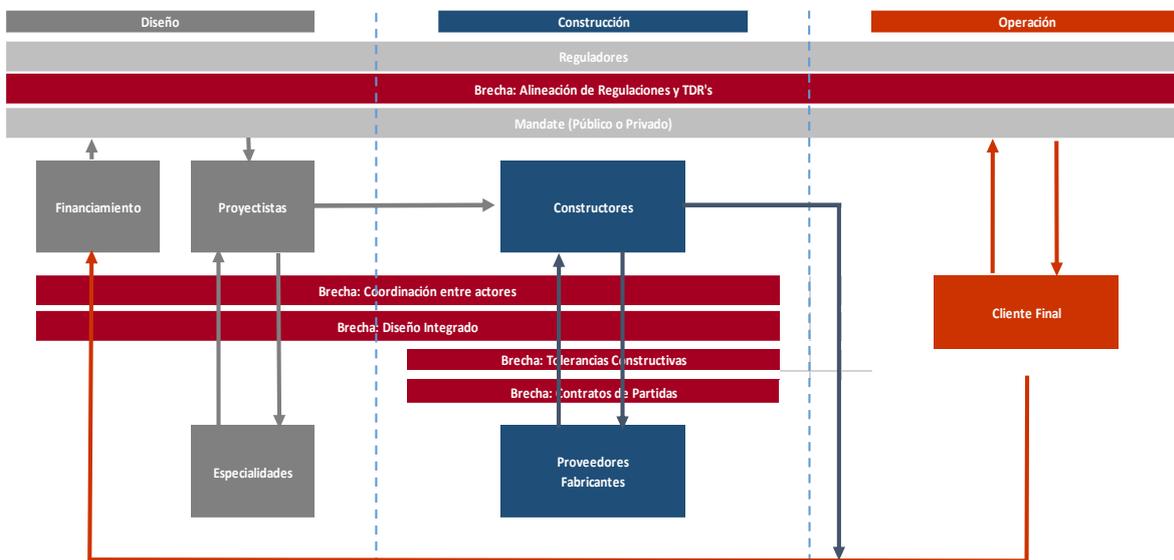


Figura 9.3. Principales brechas identificadas en la cadena de valor de construcción.

10. PROPUESTA DE ESTRATEGIA HABILITANTE

La estrategia habilitante para la estandarización de medidas de componentes de la construcción, se basa en 3 pilares principales y 4 ejes de trabajo.

El objetivo general de la estrategia habilitante es la de generar líneas de acción y actividades específicas, en el ámbito de la estandarización de medidas de componentes, que habiliten el uso de componentes prefabricados en los proyectos de construcción.

A continuación, se expone esquemáticamente la estrategia planteada.

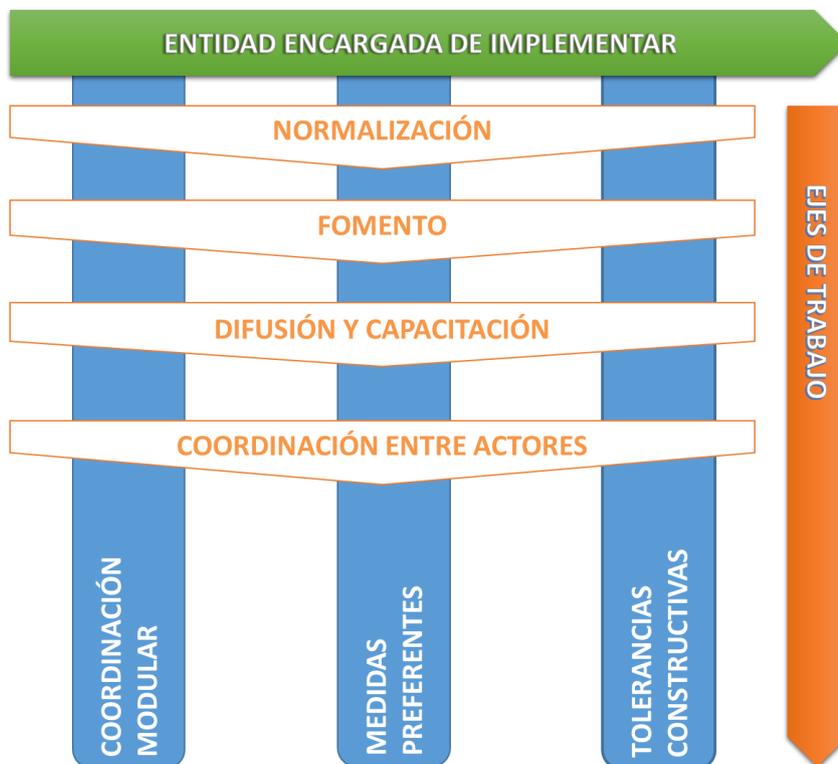


Figura 10.1. Esquematización de Estrategia Habilitante.

Adicionalmente, se propone la designación de una entidad que se encargue de la implementación de las líneas de acción planteadas, como se indica más adelante, esta entidad podría estar asociada al CCI o a la CChC.

A continuación se desarrollan los ejes de trabajo planteados y sus líneas de acción respectivas.

10.1. Ejes de Trabajo

Los ejes de trabajo transversales considerados, y los cuales se desarrollarán a continuación corresponden a:

- EJE 1 – Normalización
- EJE 2 – Fomento
- EJE 3 – Difusión y Capacitación
- EJE 4 – Coordinación entre Actores

10.1.1. Objetivos

Los objetivos definidos para cada eje de trabajo se indican a continuación:

Objetivos EJE 1 – Normalización:

- Definir reglas de coordinación dimensional de acuerdo a la Coordinación Modular.
- Establecer dimensiones estándar de componentes críticos en la construcción.
- Reducir las desviaciones dimensionales de la construcción respecto de lo diseñado, para compatibilizar el uso de componentes prefabricados.

Objetivos EJE 2 – Fomento:

- Eliminar barreras y/o generar incentivos que propicien la incorporación de componentes estandarizados en la construcción.

Objetivos EJE 3 – Difusión y Capacitación:

- Promover los sistemas de construcción industrializada – En particular fomentar la estandarización dimensional del diseño y la estandarización de componentes de la construcción.
- Promover el conocimiento en temas relacionados a la estandarización de medidas en la construcción en forma transversal a los actores involucrados en la industria.

Objetivos EJE 4 – Coordinación entre Actores:

- Promover, a través de herramientas facilitadoras, la coordinación de los actores involucrados en los proyectos de construcción, generando una coordinación temprana que impulse la correcta utilización de componentes prefabricados.

10.2. Líneas de Acción

Cada eje de trabajo se compone de distintas líneas de acción, con actividades específicas a desarrollar en cada ámbito. A continuación se exponen las líneas de acción y actividades específicas en cada eje de trabajo.

10.2.1. EJE 1 – Normalización

En este eje de normalización se abordan las actividades necesarias para generar un marco normativo de estandarización de dimensiones en la construcción y de medidas de componentes, así como su compatibilidad de instalación o ensamble.

Las líneas de acción y actividades específicas del eje de normalización se presentan a continuación:

Tabla 10.1. Líneas de acción y actividades de EJE 1- Normalización.

EJE DE TRABAJO	LÍNEAS DE ACCIÓN	ACTIVIDADES
EJE 1 Normalización	L.A. 1.1 Levantamiento de Información para la toma de decisiones.	A 1.1.1 Levantamiento y Bechmarking
		A 1.1.2 Diagnóstico nacional
		A 1.1.3 Identificación de brechas y oportunidades
		A 1.1.4 Priorización de actividades
	L.A. 1.2 Desarrollo de Normativa	A 1.2.1 Priorización de Normas a realizar
		A 1.2.2 Diseño de proyecto
		A 1.2.3 Postulación a fondos
		A 1.2.4 Desarrollo de Normas

A continuación se presenta un detalle de cada línea de acción, en donde además se indican propuestas y recomendaciones para la generación de actividades específicas en esta línea.

10.2.1.1. Levantamiento de Información para la toma de decisiones

En esta línea de acción, la cual fue abordada en el presente estudio, se desarrollaron las actividades que permitieron identificar una priorización de las actividades a desarrollar para generar una habilitación de la estandarización de medidas en la construcción, lo anterior dio origen a la presente estrategia habilitante y la propuesta de planificación planteada más adelante.

10.2.1.2. Desarrollo de Normativa

El desarrollo de normativa debe considerar la generación de un marco de directrices de diseño y dimensiones de componentes que aborden los tres pilares principales identificados en la estandarización de dimensiones de componentes de la construcción.

Considerando los proyectos normativos que se encuentran en curso, se sugiere seguir en la línea de desarrollar normativa de coordinación modular de forma prioritaria, para luego continuar lo más pronto posible con normativa de medidas preferentes. La definición de tolerancias constructivas es un punto clave en la compatibilidad de los componentes prefabricados, por lo cual se debe atender de forma prioritaria la generación y desarrollo de los proyectos normativos en éste ámbito.

En concordancia, los proyectos de normas que ya se encuentran en ejecución debieran considerar la siguiente priorización:

- **Generación de normativa de coordinación modular que especifique las reglas y directrices básicas de diseño, en términos de dimensiones, de las construcciones.**
- **Desarrollo de normativa específica de medidas preferentes de componentes críticos de la construcción, las cuales se acoplen a las reglas generales de la coordinación modular y consideren componentes típicos del mercado.**

Para el caso de proyectos normativos de tolerancias constructivas se sugiere agilizar lo más posible el desarrollo de éstos.

- **El desarrollo de normativas de tolerancias constructivas que permitan definir tolerancias admisibles y compatibles con una adecuada instalación de los componentes en una obra gruesa de construcción tradicional o un correcto ensamble entre componentes prefabricados.**

Para el desarrollo de la normativa respectiva, de acuerdo al estudio y levantamiento realizado, se sugieren las siguientes recomendaciones:

Coordinación Modular:

Generar normativa consolidada en la cual se indiquen los principios y reglas generales de la coordinación modular.

Las principales temáticas que, a lo menos, debieran abordar las normativas de coordinación modular son:

- Módulo Básico
- Vocabulario
- Principios y Reglas Generales
- Coordinación Horizontal de dimensiones
- Coordinación Vertical de Dimensiones
- Incrementos Sub-Modulares

De acuerdo al estudio realizado, se debiera considerar como base las especificaciones indicadas en la normativa ISO. Normativas que se pudieran considerar como base para generar normativa nacional, corresponden a la norma británica BS6750 (1986), la cual es equivalente técnicamente en su contenido a las siguientes normas ISO: 1006; 1040; 2848; 6511; 6512; 6513 y 6514, agrupando en un documento normativa de conceptos básicos hasta las reglas principales a seguir en la coordinación modular.

Medidas Preferentes

Como se pudo observar en el levantamiento realizado, en general, la normativa de medidas preferentes no representa una herramienta que posea un impacto significativo en la coordinación de dimensiones. Lo anterior no significa que no sea necesario poseer medidas preferentes o “estándar” en el mercado, por el contrario, esto es primordial para acotar los diseños y coordinar a los distintos actores. Sin embargo, se pudo observar a nivel generalizado que el mercado es capaz de regularse y generar por sí sólo medidas “estándar”, que son más acotadas que la normativa común de medidas preferentes.

Considerando que actualmente ya existen proyectos de normalización en este ámbito, el desarrollo de estas normativas, para lograr el impacto esperable en estandarización, debiera considerar un acotamiento de las dimensiones de los componentes más allá de una compatibilidad con respecto a diseños que se rigen por la coordinación modular. Para lograr un efecto tangible, la normativa a desarrollar debiera considerar establecer medidas preferentes que bajo las reglas de la coordinación modular, establezcan medidas “estándar” de los componentes, en concordancia con el mercado y que acoten mayormente, en la medida de lo posible, el número de combinaciones de dimensiones de los componentes.

De generarse normativa en este ámbito, se sugiere centrar los recursos disponibles en componentes básicos de la construcción, como puertas y ventanas, los cuales se utilizan en cualquier proyecto. Así también, se sugiere considerar componentes prefabricados o modulares que existen en el mercado nacional y que se

utilizan hoy en día con cierta regularidad en algunos proyectos, componentes como módulos de servicio o escaleras prefabricadas podrían regularse a través de normativa.

La normativa de medidas preferentes debiera trabajarse una vez que se tengan establecidas las normativas de coordinación modular y debiera considerar para su desarrollo a los actores relevantes, como proveedores de componentes, representantes del sector de la construcción, gremios relacionados y otros.

Los componentes críticos en los cuales debe trabajarse inicialmente para establecer una estandarización, a lo menos, dimensional, deben generar se un análisis de productividad en la construcción, identificando los componentes claves en la productividad. Componentes típicos, usados en cualquier construcción, debieran considerarse inicialmente, como sistemas de puertas, ventanas, revestimientos, tabiques, etc.

Tolerancias Constructivas

Las tolerancias constructivas y de fabricación son claves para lograr una compatibilidad dimensional y un correcto ensamble entre los componentes prefabricados y/o entre componentes prefabricados y una construcción in situ (en el caso de la construcción híbrida).

Para el caso de las tolerancias de fabricación de componentes prefabricados, se podrían esperar que éstas se logran ajustar con mayor facilidad que en el caso de la construcción in situ. Por el contrario, en la construcción tradicional, las tolerancias constructivas son un tema relevante y que normalmente causan algunos problemas de compatibilidad en la construcción. Generar, en la práctica, una construcción de obra gruesa con tolerancias ajustadas hoy en día es algo poco habitual y parece difícil de lograr. Por lo anterior, es clave trabajar en la disminución de las desviaciones dimensionales en la construcción tradicional, para habilitar en ésta la utilización de componentes prefabricados. El trabajo debe enfocarse en establecer modelos de contratos e incentivos que permitan en la obra gruesa hacerse cargo de tolerancias admisibles compatibles con los componentes prefabricados.

En la revisión internacional se pudo observar que sólo algunos países poseen normativa nacional respecto tolerancias constructivas. En lo general aplican manuales o guías técnicas que especifican tolerancias admisibles, en otros casos aplican códigos específicos por materialidad. De todas formas, en la totalidad de los casos las tolerancias constructivas se encuentran establecidas.

Al igual que en el caso anterior, existen proyectos a desarrollar de normativas nacionales en este ámbito, por lo cual se sugiere tomar algunas consideraciones en el desarrollo de éstas.

- Establecer una priorización de partidas críticas que requieran de la definición de tolerancias admisibles compatibles con componentes prefabricados.

Considerando el escenario actual de la construcción parece prioritario establecer tolerancias de la obra gruesa de las construcciones que sean compatibles con la utilización de componentes típicos usados en cualquier construcción, por ejemplo puertas y ventanas, lo cual hoy en día genera una barrera para la correcta utilización de estos componentes, para luego avanzar en tolerancias requeridas por

componentes que en la actualidad se han comenzado a utilizar con mayor frecuencia, como escaleras prefabricadas y módulos de servicio.

- Para la definición de las tolerancias admisibles se sugiere la conformación de un comité técnico que, a lo menos, considere a fabricantes y proveedores de componentes prefabricados y representantes del sector de la construcción.

10.2.2.EJE 2 – Fomento

En este eje se abordan las actividades para identificar posibles barreras para introducir la estandarización de dimensiones y las estrategias consideradas para habilitar el uso de componentes estandarizados en proyectos de construcción.

Las líneas de acción y actividades específicas del eje de fomento se presentan a continuación:

Tabla 10.2. Líneas de acción y actividades de EJE 2 – Fomento.

EJE DE TRABAJO		LÍNEAS DE ACCIÓN	ACTIVIDADES		
EJE 2	Fomento	L.A. 2.1	Diagnóstico de barreras reglamentarias.	A 2.1.1	Levantamiento de partidas críticas
				A 2.1.2	Estudio de regulaciones y componentes disponibles
				A 2.1.3	Priorización de componentes a alinear
		L.A. 2.2	Alineamientos reglamentarios	A 2.2.1	Conformación de Comité
				A 2.2.2	Desarrollo de Propuestas de alineación
				A 2.2.3	Implementación
		L.A. 2.3	Poder de compra del Estado	A 2.3.1	Identificación y definición de programas a abordar
				A 2.3.2	identificación de componentes críticos
				A 2.3.3	Propuesta de implementación

A continuación se presenta un detalle de cada línea de acción, en donde además se indican propuestas y recomendaciones para la generación de actividades específicas en esta línea.

ESTANDARIZACIÓN DE MEDIDAS DE PARTES Y PIEZAS DE COMPONENTES DE LA CONSTRUCCIÓN

10.2.2.1. Diagnóstico de barreras reglamentarias

En el diagnóstico nacional se identificaron algunas especificaciones plasmadas en reglamentaciones, como la OGUC, en la cual se especifican dimensiones mínimas en la construcción que, en la práctica, generan incompatibilidades del diseño con la utilización de algunos componentes de medidas estandarizadas.

Lo anterior motiva a la realización de un diagnóstico en detalle de los documentos reglamentarios que hoy en día rigen a las construcciones, para identificar posibles barreras para la apropiada utilización de componentes que poseen dimensiones estandarizadas.

Las reglamentaciones y especificaciones que debieran, a lo menos, ser revisadas para identificar posibles barreras en la utilización de componentes estandarizados, son:

- Ordenanza General de Urbanismo y Construcción
- Cuadro Normativo y tabla de Espacios Mínimos para el Mobiliario, para proyectos de los programas de vivienda MINVU.
- Especificaciones generales de proyectos de construcción habitual (jardines infantiles Junji, sedes comunitarias, centros comunitarios, etc)

10.2.2.2. Alineamiento reglamentario

Una vez identificadas las barreras en los documentos reglamentarios, se propone la generación de un comité encargado de desarrollar propuestas de alineación de los documentos reglamentarios para compatibilizar el uso de componentes estandarizados.

Se propone generar mesas de trabajo independientes para cada documento reglamentario a trabajar, ya que la revisión, aprobación e implementación de las modificaciones que se realicen pueden ser bastante diferentes en términos de procesos a generarse y plazos estipulados, para cada uno.

A rasgos generales se propone el siguiente esquema para llevar a cabo esta línea de acción.

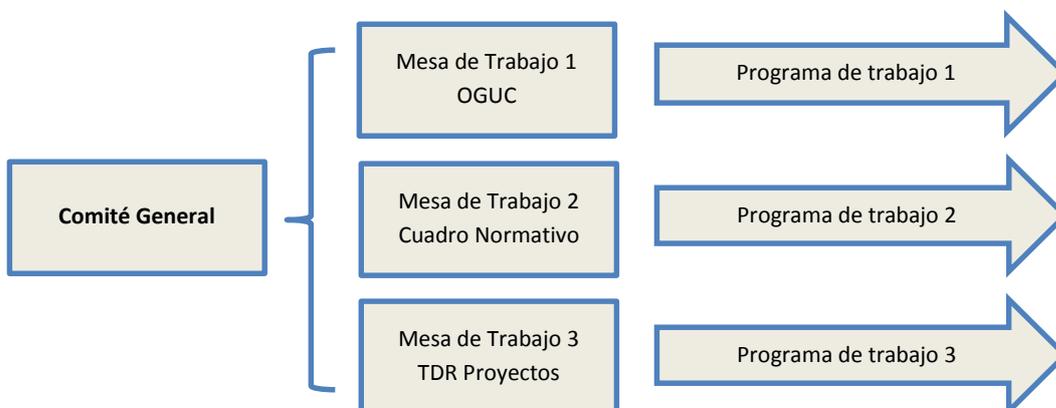


Figura 10.2. Esquemización de propuesta para la alineación de reglamentación.

ESTANDARIZACIÓN DE MEDIDAS DE PARTES Y PIEZAS DE COMPONENTES DE LA CONSTRUCCIÓN

10.2.2.3. Poder de compra del Estado

El poder de compra del estado ha resultado ser una herramienta de fomento de gran impacto cuando se ha requerido impulsar la construcción industrializada.

Una herramienta que pudiera generarse, para hacer uso efectivo del poder de compra del estado, puede ser la incorporación de especificaciones en proyectos públicos que incluyeran requerimientos particulares, por ejemplo, en los siguientes ámbitos:

- **Diseño:**
 - Utilización de reglas de coordinación modular de acuerdo a normativa establecida en este ámbito y compatible con la utilización de componentes estandarizados disponibles en el mercado.

- **Ejecución:**
 - Especificación de tolerancias admisibles y su control efectivo.
 - Especificaciones que limiten la cantidad de despuntes del material utilizado.
 - Cantidad mínima de componentes prefabricados a utilizar.
 - Utilización de componentes de dimensiones estándar.

Así también, estos tipos de proyectos pueden utilizar las herramientas de coordinación que se proponen en el EJE 4 de esta propuesta, los cuales corresponden a herramientas de coordinación en el entorno BIM y la utilización de contratos que concatenen las distintas partidas involucradas en los proyectos.

10.2.3.EJE 3 – Difusión y Capacitación

Este eje presenta las líneas de acción para generar una difusión de las características y principales ventajas de la utilización de una estandarización de dimensiones en la construcción. Así también, el plan para generar un programa de capacitación y formación profesional en ámbitos de estandarización de dimensiones. Las líneas de acción y actividades específicas del eje de difusión y capacitación se presentan a continuación:

Tabla 10.3. Líneas de acción y actividades de EJE 3 – Difusión y Capacitación.

EJE DE TRABAJO	LÍNEAS DE ACCIÓN	ACTIVIDADES
EJE 3 Difusión y Capacitación	L.A. 3.1 Diseño e Implementación de estrategias de difusión	A 3.1.1 Diseño de Estrategia
		A 3.1.2 Validación
		A 3.1.3 Implementación
	L.A. 3.2 Plataforma digital de información pública	A 3.2.1 Definición, Especificaciones y Contenido
		A 3.2.2 Definición de TDR
		A 3.2.3 Desarrollo de Plataforma
		A 3.2.4 Operación
	L.A. 3.3 Diseño e Implementación de Programa de Capacitación	A 3.3.1 Priorización de componentes y partidas críticas
		A 3.3.2 Diseño de cursos de capacitación
		A 3.3.3 Postulación a fondos
		A 3.3.4 Implementación de capacitaciones
	L.A. 3.4 Incorporación de Estandarización de Medidas en Mallas Curriculares	A 3.4.1 Definición de Contenidos
		A 3.4.2 Desarrollo de Contenidos
		A 3.4.3 Implementación de Cursos
	L.A. 3.5 Desarrollo de Guías y Manuales	A 3.5.1 Priorización de Documentos
A 3.5.2 Diseño de Proyecto		
A 3.5.3 Postulación a Fondos		
A 3.5.4 Desarrollo de Guías y Manuales		
A 3.5.5 Publicación y Difusión		

A continuación se presenta un detalle de cada línea de acción, en donde además se indican propuestas y recomendaciones para la generación de actividades específicas en esta línea.

10.2.3.1. Diseño e implementación de estrategias de difusión

Es fundamental diseñar una estrategia comunicacional efectiva que identifique los aspectos claves que deben ser transmitidos, en términos de la coordinación de dimensiones en la construcción y el uso de componentes de dimensiones estandarizadas

En cada pilar fundamental (Coordinación Modular, Medidas Preferentes y Tolerancias Constructivas) se deben identificar los aspectos claves y estratégicos a transmitir, el objetivo principal que se desea y a quienes se debe difundir esta información.

En términos generales, cada pilar principal debiera ser enfocado, por lo menos, a los siguientes actores:

Coordinación Modular: Diseñadores y Proyectistas

Medidas Preferentes o estandarizadas: Diseñadores y Proyectistas, Fabricantes de componentes.

Tolerancias constructivas: fabricantes de componentes, Subcontratos de instalación, Constructoras.

10.2.3.2. Plataforma digital de información pública

Se plantea la creación de un repositorio web que aloje documentación e información pública sobre temas de estandarización de medidas, tanto en el diseño de las construcciones como de medidas estandarizadas de componentes de la construcción.

El repositorio WEB debiera alojar la documentación que se generase, de guías y manuales, estipuladas en este eje de trabajo. Además, se debe considerar en el repositorio poner a disposición las herramientas facilitadoras de la coordinación temprana entre actores, abordadas en el EJE 4, la cuales tienen relación con herramientas generadas en el Ecosistema BIM.

Este repositorio debería estar alojado en un sitio de mayor interés, por ejemplo en sitios que se generasen de difusión de la construcción industrializada en las iniciativas que posee el CCI.

10.2.3.3. Diseño e implementación de programa de capacitación

Los programas de capacitación que se generen deben apuntar, de acuerdo a la temática particular abordada, a agentes claramente identificados de la industria de la construcción, en concordancia con la estrategia de difusión establecida.

Las temáticas a abordar en las capacitaciones deben tener relación con los pilares principales identificados en este estudio y desarrollarse en temas prácticos de ejecución de los distintos temas.

Las capacitaciones en los tres pilares de estandarización dimensional, debieran apuntar a los siguientes focos:

Coordinación Modular: Optimizar y racionalizar el diseño a través de la coordinación modular con el objetivo de disminuir el dimensionamiento de materiales en obra y minimizar el despunte generado.

Medidas Preferentes: Acotar lo más posible la tipología de los componentes a utilizar en el proyecto, utilizando componentes “estándar” disponibles en el mercado.

Tolerancias Constructivas: Durante la ejecución del proyecto deben controlarse las desviaciones dimensionales, de acuerdo a tolerancias admisibles que permitan la compatibilidad y correcta instalación de los componentes prefabricados.

Las capacitaciones deben apuntar a los siguientes actores involucrados:

- **Coordinación Modular:**
 - Diseñadores: Arquitectos y Projectistas

- **Medidas Preferentes**
 - Diseñadores: Arquitectos y Projectistas
 - Proveedores de materiales
 - Proveedores de componentes prefabricados

- **Tolerancias Constructivas**
 - Empresas Constructoras
 - Instaladores de componentes
 - Fabricantes de componentes

El desarrollo de capacitaciones debe estar enfocado en la entrega de conocimientos prácticos a los distintos actores, tratando temas específicos identificados en la estrategia de difusión, relacionando éstos con las ventajas prácticas que conlleva la estandarización dimensional en la construcción, en el ámbito particular de cada uno de los actores.

10.2.3.4. Incorporación de estandarización de medidas en mallas curriculares

La formación de profesionales en materias referentes a coordinación dimensional en la construcción es bastante escasa hoy a nivel nacional. Se plantea como línea de acción la incorporación de cursos específicos en este ámbito en las mallas curriculares de las carreras profesionales y técnicas del ámbito de la construcción. Lo anterior, debiera generar un conocimiento basal en los profesionales de la industria, que

ESTANDARIZACIÓN DE MEDIDAS DE PARTES Y PIEZAS DE COMPONENTES DE LA CONSTRUCCIÓN

permitiera una adaptación y un entendimiento más fácil en la incorporación de una estandarización dimensional en la construcción.

La incorporación en cursos afines en las mallas curriculares debe comenzar por una definición de los contenidos a tratar, su posterior desarrollo y la implementación de los cursos propiamente tal. La definición de los cursos debe encontrarse en concordancia con la estrategia de difusión y abordar las temáticas específicas para cada uno de los actores a los cuales se quiere transmitir el conocimiento.

10.2.3.5. Desarrollo de guías y manuales

El desarrollo de guías y manuales como método de difusión y transferencia efectiva del conocimiento es fundamental. Más allá de poseer normas, las cuales pueden entregar el marco regulatorio formal, se deben generar herramientas de difusión que sean capaces de entregar el conocimiento de una forma más práctica a los distintos agentes de la industria.

El desarrollo de guías y manuales debe comenzar con una priorización de la información y el conocimiento que se desea transmitir. Manuales o guías que debieran considerarse prioritarias de desarrollar, podrían ser:

- **Guía de diseño de coordinación modular:** Donde se indiquen de manera didáctica los principios y reglas de la coordinación modular en la construcción.
- **Manual o Catálogo de Medidas Preferentes:** Documento donde se detallen, por componente, las medidas preferentes o “estándar”.
- **Manual de Tolerancias Constructivas:** Documento donde se especifiquen las tolerancias constructivas admisibles en la construcción. Para este caso podría aprovecharse la base del Manual de Tolerancias de la CDT, generando una actualización de éste de acuerdo a los documentos normativos generados en el marco de la coordinación modular y en conjunto con los agentes involucrados (diseñadores, constructores y fabricantes de componentes).

10.2.4.EJE 4 – Coordinación entre Actores

Este eje aborda las líneas de acción para generar herramientas que faciliten la coordinación temprana entre los actores de la industria de la construcción, generando desde el diseño de los proyectos un ambiente propicio para el uso de componentes prefabricados con dimensiones estandarizadas.

Las líneas de acción y actividades específicas del eje de coordinación entre actores se presentan a continuación:

Tabla 10.4. Líneas de acción y actividades de EJE 4 – Coordinación entre Actores.

EJE DE TRABAJO	LÍNEAS DE ACCIÓN	ACTIVIDADES
EJE 4 Coordinación entre Actores	L.A. 4.1 Implementación de Grilla Nacional en Ecosistema BIM	A 4.1.1 Identificación de Reglas claves de Coordinación Modular
		A 4.1.2 Creación de Grilla Digital
		A 4.1.3 Incorporación a Sistema
		A 4.1.4 Validación
	L.A. 4.2 Fortalecimiento de librería nacional BIM	A 4.2.1 Identificación de Componentes Críticos
		A 4.2.2 Levantamiento de Componentes en el mercado
		A 4.2.3 Creación de Bloques y Especificaciones
		A 4.2.4 Incorporación a librería BIM
	LA 4.3 Diseño y Promoción de Marcos Contractuales	A 4.3.1 Diseño de Contrato
		A 4.3.2 Validación
		A 4.3.3 Implementación

A continuación se presenta un detalle de cada línea de acción, en donde además se indican propuestas y recomendaciones para la generación de actividades específicas en esta línea.

10.2.4.1. Implementación de grilla nacional en Ecosistema BIM

Se plantea como una herramienta facilitadora de la coordinación entre actores, la generación de una grilla de diseño nacional, en la cual se plasmen las principales reglas de la coordinación modular y funcione como una plantilla predeterminada para diseñar las construcciones.

La grilla de diseño debiera compatibilizar las reglas de la coordinación modular e indicar medidas preferenciales para algunas dimensiones características de la construcción, por ejemplo definición de una altura de piso estándar, de acuerdo al tipo de edificación. Consecuentemente, la grilla podría adoptar ciertas características dependiendo de las regulaciones o TDR's particulares de los proyectos.

ESTANDARIZACIÓN DE MEDIDAS DE PARTES Y PIEZAS DE COMPONENTES DE LA CONSTRUCCIÓN

La grilla puede considerar algunos alineamientos desarrollados en el eje de fomento planteado anteriormente, con lo cual se tendría una grilla inicial general de diseño, la cual podría adoptar ciertas consideraciones dimensionales dependiendo el tipo de proyecto que se está desarrollando.

Así también, la grilla podría contemplar alertas (mensajes) sobre incompatibilidades del diseño planteado con respecto a la utilización de componentes de medidas estandarizadas, considerados en la librería de objetos (Librería Nacional BIM). Lo anterior permitiría disminuir iteraciones posteriores que podrían generarse al considerar algunos componentes de la construcción no compatibles con el diseño.

10.2.4.2. Fortalecimiento de librería nacional BIM

Se plantea el fortalecimiento de la librería BIM, a través de la incorporación de objetos correspondientes a componentes de dimensiones “estándar”, disponibles en el mercado, lo que permitiría compatibilizar, desde la etapa de diseño, las dimensiones constructivas con respecto a los componentes que luego se utilizarán.

El considerar, ya en la etapa del diseño, los componentes “reales” que se van a utilizar, racionaliza el diseño para generar la compatibilidad necesaria y aprovechar economías a escala que se generan al utilizar componentes comunes en el mercado.

Así también, los objetos que se incorporen pueden estar asociados a la grilla de diseño, en la cual se generen alertas de posibles incompatibilidades o condiciones especiales que se deben considerar en el diseño, si se va a utilizar un componente con requerimientos especiales (por ejemplo un sistema de junta particular).

Una de las ventajas de incorporar objetos de componentes “estándar” a la librería BIM es la posibilidad de generar diseños que pudieran aprovecharse para una manufactura avanzada. Conceptos como DfMA pueden aprovechar esta oportunidad para coordinar diseño, fabricación y montaje de los componentes.

Se debe comenzar por la identificación y priorización de componentes críticos en la construcción, para luego realizar un levantamiento en el mercado que permita identificar las medidas “estándar” o más comunes disponibles en el mercado, para luego generar los objetos correspondientes, respondiendo a las características levantadas en cada componente en particular.

Tanto la grilla de diseño como la librería BIM podrían enlazarse con el Plan BIM, el cual busca introducir herramientas y metodologías BIM en los proyectos, por lo menos públicos. El uso del poder de compra del estado en este caso puede utilizarse para licitar proyectos que incorporasen una grilla de diseño y un set de objetos a utilizar en los proyectos públicos.

10.2.4.3. Diseño y Promoción de Marcos Contractuales

Los sistemas de contratos habituales generan algunas barreras para la eficiente utilización de componentes prefabricados. Un caso ejemplificador es la relación entre contratos de obra gruesa e instalación de componentes, por ejemplo instalación de ventanas. En la mayoría de los casos, los contratos de obra gruesa se rigen por avance, sin considerar tolerancias compatibles con la instalación de componentes prefabricados.

Lo anterior, por lo general, causa que el contrato de instalación de componentes deba rectificar la obra gruesa, o el componente, para poder realizar la instalación.

La forma de contratos unilaterales con la cual se trabaja en la mayoría de los casos no fomenta la coordinación entre los distintos actores. Se plantea como alternativa para promover la coordinación temprana, la generación de contratos tipo, que fomenten la coordinación entre los actores. El objetivo general es plantear un marco contractual que concatene las distintas actividades involucradas en un proyecto de construcción y en particular los subcontratos involucrados.

En el caso de la construcción tradicional que incorpora componentes prefabricados, los contratos tipo que se sugiere implementar debieran tener como base la incorporación de tolerancias admisibles, controlables, en cada partida, las cuales fueran compatibles con la instalación de los componentes. Por lo cual, partidas que hoy en día se controlan, básicamente, por avance debieran en estos nuevos contratos incorporar para su aceptación criterios de tolerancias dimensionales compatibles con las demás partidas involucradas.

10.3. Propuesta de Programa

A continuación se exponen una propuesta de programa para la realización de la estrategia habilitante, sus ejes de trabajo, las líneas de acción y sus actividades específicas. Es importante mencionar que el plan propuesto debe ajustarse de acuerdo a los recursos disponibles para cada una de las actividades específicas.

10.3.1. Programa general de estrategia habilitante

La propuesta general de programa para la estrategia habilitante planteada, se indica a continuación.

ESTRATEGIA HABILITANTE		Estandarización de medidas de partes y piezas					
PLAZO		2017	2018	2019	2020	2021	
Ejes de Trabajo	EJE 1	Normalización	→				
	EJE 2	Fomento		→			→
	EJE 3	Difusión y Capacitación		→			→
	EJE 4	Coordinación entre Actores		→		→	
Objetivo	Generar líneas de acción y actividades específicas, en el ámbito de la estandarización de medidas de componentes, que habiliten del uso de componentes prefabricados en los proyectos de construcción.						
Descripción	Plantea líneas de acción y actividades específicas para conformar un plan estratégico que apunte a la habilitación y fomento de la utilización de componentes de dimensiones estandarizadas en la construcción.						

La programación propuesta para la estrategia tiene como base una programación de cada línea de acción y actividades particulares definidas, las cuales se exponen en los siguientes puntos.

10.3.2. Programa de Ejes de Trabajo

A continuación se presenta la propuesta de programación para eje de trabajo y líneas de acción consideradas en cada uno.

10.3.2.1. EJE 1 - Normalización

EJE 1			Normalización				
PLAZO			2017	2018	2019	2020	2021
Líneas de Acción	LA 1.1	Levantamiento de Información para la toma de decisiones.					
	LA 1.2	Desarrollo de Normativa					
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> Definir reglas de coordinación dimensional de acuerdo a la coordinación Modular. Establecer dimensiones estándar de componentes críticos en la construcción. Reducir las desviaciones dimensionales de la construcción respecto de lo diseñado para compatibilizar el uso de componentes prefabricados. 						
Descripción	Eje en el cual se abordan las actividades necesarias para generar un marco normativo de estandarización de dimensiones en la construcción y de medidas de componentes, así como su compatibilidad de instalación o ensamble.						

10.3.2.2. EJE 2 - Fomento

EJE 2			Fomento				
PLAZO			2017	2018	2019	2020	2021
Líneas de Acción	LA 2.1	Diagnóstico de barreras reglamentarias.					
	LA 2.2	Alineamientos reglamentarios					
	LA 2.3	Poder de compra del Estado					
Objetivo	- Eliminar barreras y/o generar incentivos que propicien la incorporación de componentes estandarizados en la construcción.						
Descripción	Eje que aborda las actividades para identificar posibles barreras para introducir la estandarización de dimensiones y las estrategias consideradas para habilitar el uso de componentes estandarizados en proyectos de construcción.						

10.3.2.3. EJE 3 – Difusión y Capacitación

EJE 3			Difusión y Capacitación				
PLAZO			2017	2018	2019	2020	2021
Líneas de Acción	LA 3.1	Diseño e Implementación de estrategias de difusión					
	LA 3.2	Plataforma digital de información pública					→
	LA 3.3	Diseño e Implementación de Programa de Capacitación					→
	LA 3.4	Incorporación de Estandarización de Medidas en Mallas Curriculares					→
	LA 3.5	Desarrollo de Guías y Manuales					→
Objetivo	- Promover los sistemas de construcción industrializada – en particular fomentar la estandarización dimensional del diseño y la estandarización de componentes de la construcción. - Promover el conocimiento en temas relacionados a la estandarización de medidas en la construcción en forma transversal a los actores involucrados en la industria.						
Descripción	Presenta las líneas de acción para generar una difusión de las características y principales ventajas de la utilización de una estandarización de dimensiones en la construcción. Así también, el plan para generar un programa de capacitación y formación profesional en ámbitos de estandarización de dimensiones.						

10.3.2.4. EJE 4 – Coordinación entre Actores

EJE 4			Coordinación entre Actores				
PLAZO			2017	2018	2019	2020	2021
Líneas de Acción	LA 4.1	Implementación de Grilla Nacional en Ecosistema BIM					
	LA 4.2	Fortalecimiento de librería nacional BIM					→
	LA 4.3	Diseño y Promoción de Marcos Contractuales					→
Objetivo	- Promover, a través de herramientas facilitadoras, la coordinación de los actores involucrados en los proyectos de construcción - generando una coordinación temprana que impulse la correcta utilización de componentes prefabricados.						
Descripción	Este eje aborda las líneas de acción para generar herramientas que faciliten la coordinación temprana entre los actores de la industria de la construcción, generando desde el diseño de los proyectos un ambiente propicio para el uso de componentes prefabricados con dimensiones estandarizadas.						



INFORME Nº 1.347.839

10.3.3. Programa de Actividades

Las actividades a desarrollar, por cada línea de acción, se presentan gráficamente a continuación.

10.3.3.1. EJE 1 - Normalización

10.3.3.1.1. Levantamiento de información para la toma de decisiones

LÍNEA DE ACCIÓN 1.1			Levantamiento de información para la toma de decisiones				
PLAZO			2017	2018	2019	2020	2021
Actividades	A 1.1.1	Levantamiento y Bechmarking	■				
	A 1.1.2	Diagnóstico nacional		■			
	A 1.1.3	Identificación de brechas y oportunidades		■			
	A 1.1.4	Priorización		■			

10.3.3.1.2. Desarrollo de Normativas

LÍNEA DE ACCIÓN 1.2			Desarrollo de Normativas					
PLAZO			2017	2018	2019	2020	2021	
Actividades	A 1.2.1	Priorización de Normas a realizar	CM	→				
			MP	→				
			TC		■			
	A 1.2.2	Diseño de proyecto	CM	→				
			MP	→				
			TC		■			
	A 1.2.3	Postulación a fondos	CM	→				
			MP	→				
			TC		■			
	A 1.2.4	Desarrollo de Normas	CM		■			
			MP		■			
			TC			■		

CM: Coordinación Modular / MP: Medidas Preferentes / TC: Tolerancias Constructivas



10.3.3.2. EJE 2- Fomento

10.3.3.2.1. Diagnóstico de barreras reglamentarias

LÍNEA DE ACCIÓN 2.1			Diagnóstico de barreras reglamentarias				
PLAZO			2017	2018	2019	2020	2021
Actividades	A 2.1.1	Levantamiento de partidas críticas					
	A 2.1.2	Estudio de regulaciones y componentes disponibles					
	A 2.1.3	Priorización de componentes a alinear					

10.3.3.2.2. Alineamientos reglamentarios

LÍNEA DE ACCIÓN 2.2			Alineamientos Reglamentarios				
PLAZO			2017	2018	2019	2020	2021
Actividades	A 2.2.1	Conformación de Comité					
	A 2.2.2	Desarrollo de Propuestas de alineación					
	A 2.2.3	Implementación					

10.3.3.2.3. Poder de compra del Estado

LÍNEA DE ACCIÓN 2.3			Poder de compra del Estado				
PLAZO			2017	2018	2019	2020	2021
Actividades	A 2.2.1	Identificar y definir programas a abordar					
	A 2.2.2	Identificar componentes críticos					
	A 2.2.3	Propuesta de implementación					

10.3.3.3. EJE 3 – Difusión y Capacitación

10.3.3.3.1. Diseño e implementación de estrategias de difusión

LÍNEA DE ACCIÓN 3.1			Diseño e Implementación de Estrategias de Difusión				
PLAZO			2017	2018	2019	2020	2021
Actividades	A 3.1.1	Diseño de Estrategia					
	A 3.1.2	Validación					
	A 3.1.3	Implementación					

10.3.3.3.2. Plataforma digital de información pública

LÍNEA DE ACCIÓN 3.2			Plataforma Digital de Información Pública				
PLAZO			2017	2018	2019	2020	2021
Actividades	A 3.2.1	Definición, Especificaciones y Contenido					
	A 3.2.2	Definición de TDR					
	A 3.2.3	Desarrollo de Plataforma					
	A 3.2.4	Operación					

10.3.3.3.3. Diseño e implementación de programa de capacitación

LÍNEA DE ACCIÓN 3.3			Diseño e Implementación de Programa de Capacitación				
PLAZO			2017	2018	2019	2020	2021
Actividades	A 3.3.1	Priorización de componentes y partidas críticas					
	A 3.3.2	Diseño de cursos de capacitación					
	A 3.3.3	Postulación a fondos					
	A 3.3.4	Implementación de capacitaciones					

10.3.3.3.4. Incorporación de estandarización de medidas en mallas curriculares

LÍNEA DE ACCIÓN 3.4			Incorporación de Estandarización de Medidas en Mallas Curriculares				
PLAZO			2017	2018	2019	2020	2021
Actividades	A 3.4.1	Definición de Contenidos					
	A 3.4.2	Desarrollo de Contenidos					
	A 3.4.3	Implementación de Cursos					

10.3.3.3.5. Desarrollo de guías y manuales

LÍNEA DE ACCIÓN 3.5			Desarrollo de Guías y Manuales				
PLAZO			2017	2018	2019	2020	2021
Actividades	A 3.5.1	Priorización de Documentos					
	A 3.5.2	Diseño de Proyecto					
	A 3.5.3	Postulación a Fondos					
	A 3.5.4	Desarrollo de Guías y Manuales					
	A 3.5.5	Publicación y Difusión					

10.3.3.4. EJE 4 – Coordinación entre Actores

10.3.3.4.1. Implementación de grilla nacional en Ecosistema BIM

LÍNEA DE ACCIÓN 4.1			Implementación de Grilla Nacional en Ecosistema BIM				
PLAZO			2017	2018	2019	2020	2021
Actividades	A 4.1.1	Identificación de Reglas claves de Coordinación Modular					
	A 4.1.2	Creación de Grilla Digital					
	A 4.1.3	Incorporación a Sistema					
	A 4.1.4	Validación					

10.3.3.4.2. Fortalecimiento de librería nacional BIM

LÍNEA DE ACCIÓN 4.2			Fortalecimiento de librería nacional BIM				
PLAZO			2017	2018	2019	2020	2021
Actividades	A 4.2.1	Identificación de Componentes Críticos					
	A 4.2.2	Levantamiento de Componentes en el mercado					
	A 4.2.3	Creación de Bloques y Especificaciones					
	A 4.2.4	Incorporación a librería BIM					

10.3.3.4.3. Diseño y Promoción de Marcos Contractuales

LÍNEA DE ACCIÓN 4.3			Diseño y Promoción de Marcos Contractuales				
PLAZO			2017	2018	2019	2020	2021
Actividades	A 4.3.1	Diseño de Contrato					
	A 4.3.2	Validación					
	A 4.3.3	Implementación					

10.4. Recomendaciones para la implementación

La estrategia habilitante planteada se compone de dos partes. La primera tiene relación con las líneas de acción y las actividades concretas a realizar, dirigidas a una implementación exitosa de la estandarización de medidas en la construcción. La segunda plantea la necesidad de una entidad encargada de la implementación y ejecución de las actividades estipuladas en cada línea de acción.

A continuación se describen las actividades que se consideran críticas en la implementación de la estrategia y se plantean opciones sobre las posibles entidades encargadas de implementar el plan. Así también, se plantean recomendaciones generales de algunos lineamientos para el diseño y el control de obra, para lograr un adecuado uso de componentes prefabricados.

10.4.1. Acciones críticas traccionantes

En la estrategia habilitante se plantearon diversas propuestas de líneas de acción que son relevantes para generar una habilitación de la estandarización de dimensiones en la construcción. No obstante, en este punto se relevan aquellas que son fundamentales, y que debieran atenderse con especial atención, para lograr una implementación exitosa de la estandarización y utilización de componentes prefabricados. Éstas son:

10.4.1.1. Alineamiento de Reglamentaciones

Cómo se mencionó anteriormente, la alineación de reglamentaciones y términos de referencias, además de ser una herramienta habilitadora de la estandarización de dimensiones de los componentes de la construcción, genera un escenario propicio para la utilización de componentes estandarizados, sin recurrir a especificaciones obligatorias, lo cual convierte a esta línea de acción en una de las principales de atender, ya que representa una herramienta que genera de forma intrínseca coordinación entre los actores, además de propiciar la utilización de componentes estandarizados de manera natural en la industria.

10.4.1.2. Poder de compra del Estado

La utilización del poder de compra del Estado permitiría la generación de proyectos que incorporen una estandarización de dimensiones en el diseño y en los componentes utilizados. Lo anterior es clave en términos de generar experiencias en este ámbito y argumentos empíricos a nivel nacional, así evaluar los impactos de las herramientas propuestas.

Una de las ventajas de los proyectos estatales es que son abordados por entidades públicas desde el diseño, hasta el control e inspección en obra. Lo anterior genera una oportunidad para establecer criterios especiales en los tres pilares de la estandarización de dimensiones. El diseño se podría abordar con las reglas de la coordinación modular y considerando la utilización de componentes estandarizados. La compatibilidad dimensional entre los componentes podría asegurarse a través del control efectivo de las tolerancias admisibles, realizado por personal de la inspección en obra.

Así también, en términos traccionantes, el desarrollo de proyectos con componentes estandarizados permitiría fomentar la industria de la fabricación de componentes, en particular los componentes estandarizados, generando un mercado diferenciado para éstos, ya que algunos fabricantes podrían especializarse en la fabricación de esos componentes, generando líneas de producción especiales para éstos, aprovechando los beneficios de una economía de escala que se podría generar.

10.4.1.3. Fortalecimiento Librería BIM

El considerar, desde la etapa de diseño, los componentes “reales” que se van a utilizar, racionaliza el diseño para generar la compatibilidad necesaria y aprovechar economías a escala que se generan al utilizar componentes comunes en el mercado.

Así también, los objetos que se incorporen a la librería BIM podrían estar asociados a la grilla de diseño, en la cual se generen alertas de posibles incompatibilidades o condiciones especiales que se deben considerar en el diseño, si se va a utilizar un componente con requerimientos especiales (por ejemplo un sistema de junta particular).

Sistemas, por ejemplo, de DfMA podrían aprovechar esta oportunidad para generar diseños de componentes que coordinaran una fabricación con métodos avanzados hasta el montaje de éstos.

10.4.2. Recomendaciones de diseño y construcción

A continuación se presentan recomendaciones generales que tienen relación con directrices de diseño y controles durante la construcción de proyectos que incorporen una coordinación de dimensiones estandarizada de componentes. Los lineamientos son sólo de carácter general, ya que un detalle de éstos sólo podría generarse luego de obtener, a lo menos, los resultados del desarrollo normativo planteado.

10.4.2.2. Recomendaciones generales para el diseño

Como ya se ha mencionado anteriormente, el diseño de las construcciones debiera considerar las reglas generales de la coordinación modular y las medidas preferentes disponibles en el mercado.

Los objetivos claves a considerar en el diseño, respecto a la coordinación modular y las medidas preferentes, debieran apuntar a:

Coordinación Modular: Optimizar y racionalizar el diseño a través de la coordinación modular con el objetivo de disminuir el dimensionamiento de materiales en obra y minimizar el despunte generado.

Las metodologías de construcción y los componentes a utilizar deben ser considerados desde la etapa de diseño, en donde se debe considerar siempre la generación de diseños que simplifiquen la construcción del proyecto.

Medidas Preferentes: En el diseño, acotar lo más posible la tipología de configuraciones de los componentes a utilizar en el proyecto, utilizando componentes “estándar” disponibles en el mercado.

Considerar, en la medida de lo posible, componentes integrales que incorporen otros componentes secundarios y/o instalaciones o terminaciones (ejemplo: unidades modulares de baños y cocinas)

Con respecto a las directrices de diseño, se plantean algunas recomendaciones generales, que se basan en las reglas de coordinación modular aceptadas internacionalmente.

10.4.2.3.Recomendaciones generales en la construcción

En la construcción tradicional, si se desea incorporar componentes prefabricados, se debe considerar un punto clave en la ejecución, el cual tiene relación las desviaciones dimensionales y las tolerancias constructivas admisibles. Se debe considerar como objetivo clave, lo siguiente:

- Durante la ejecución del proyecto controlar las desviaciones dimensionales, de acuerdo a tolerancias admisibles que permitan la compatibilidad y correcta instalación de los componentes prefabricados.

Este punto necesita que se hayan definido las tolerancias admisibles para los distintos componentes críticos de la construcción, en concordancia con las juntas típicas de los componentes críticos establecidos.

En primer lugar se deben considerar los procedimientos constructivos para obtener desviaciones dimensionales mínimas y, en segundo lugar, se debe considerar una inspección en detalle de las tolerancias en las zonas que recibirán componentes prefabricados, con el objetivo de asegurar una correcta instalación.

10.4.3. Entidad encargada de implementación

Retomando lo indicado en la propuesta de estrategia habilitante, se planteó la necesidad de una entidad encargada de la implementación de las líneas de acción propuestas. Considerando que estas propuestas tienen, en muchos casos, relación con la construcción en general, atendiendo problemáticas transversales a ésta, se proponen dos alternativas para la entidad encargada de implementar.

I. Consejo de Construcción Industrializada (CCI)

La entidad encargada de implementar puede encontrarse al interior del CCI, en un grupo de trabajo particular en éste ámbito, establecido en concordancia con el eje de trabajo de coordinación que posee el CCI en su plan de acción, en donde una de las brechas a superar es la falta de estandarización y coordinación modular.

II. Grupo de trabajo dentro de la CChC.

En general, las líneas de acción propuestas abordan problemáticas transversales a la construcción, por lo cual la implementación de éstas podría estar a cargo de un grupo de trabajo que se encuentre dentro de la Cámara Chilena de la Construcción, actuando como un eje transversal a la construcción y, en particular, a temas de la construcción industrializada.

11. RESULTADOS GENERALES

Los principales resultados del estudio se indican a continuación.

11.1. Levantamiento Internacional

2. En la revisión internacional se levantaron estrategias y líneas de acción referentes a la estandarización de medidas de componentes. En términos normativos se pudo observar que:

- La tendencia de los países ha sido la de consolidar y disminuir el número de normas asociadas a la coordinación modular y tomar como base la normativa ISO para su desarrollo.
- La normativa de medidas preferentes no tiene un impacto significativo en la estandarización de medidas de componentes. La regulación propia del mercado ha resultado una herramienta más eficaz en este ámbito.
- En términos de tolerancias constructivas, la tendencia en los países ha sido la de generar manuales técnicos de tolerancias admisibles, por sobre normas asociadas a este ámbito.

3. Adicionalmente, se pudo identificar que las estrategias o líneas de acción para promover la construcción industrializada son distintas en países desarrollados, que poseen una industria propia, a países en vías de desarrollo, que se encuentran generando planes de industrialización en este ámbito. Los países desarrollados actualmente no establecen incentivos ni obligaciones de utilizar estos sistemas. Los países en desarrollo que se estudiaron poseen planes gubernamentales para fomentar la industrialización en la construcción, en los cuales han generado incentivos para la utilización de ésta y establecido, para algunos proyectos, obligaciones de construir con métodos industrializados.

Complementariamente, se identificaron entidades encargadas de promover la construcción industrializada en distintos países. Se pudo observar que en los países desarrollados las entidades promotoras corresponden a asociaciones de fabricantes, mientras que en los países en desarrollo las entidades son públicas y asociadas directamente a los planes gubernamentales para mejorar la productividad.

Se puede inferir que esto se debe al estado del arte de la construcción en dichos países, que tiene relación directa con el nivel de desarrollo de los mismos. A mayor desarrollo, mayor nivel de industrialización, lo que a su vez implica mayor madurez de los mercados y las industrias y por tanto menor necesidad, por parte de los estados, de intervención.

4. Las líneas de acción identificadas en el levantamiento, y que son consideradas como base para la propuesta estratégica, son aplicables a la construcción en general. Los beneficios de esta implementación deberían reflejarse tanto en proyectos de construcción tradicional, que incorporan algunos componentes prefabricados, como en proyectos de construcción industrializada.

En la construcción tradicional, tanto la coordinación modular como la utilización de componentes de medidas estandarizadas permiten optimizar los materiales disponibles, disminuyendo dimensionamientos y despuntes generados en obra. Así también, componentes prefabricados, como puertas, ventanas, revestimientos y otros, que actualmente se utilizan en las obras de construcción, permiten la optimización de muchas actividades posteriores a la obra gruesa, lo cual exige de ésta el cumplimiento de ciertas tolerancias dimensionales que hoy, en la práctica, parecen difíciles de cumplir y representan una barrera importante a considerar para la introducción de componentes prefabricados en obras tradicionales.

11.2. Diagnóstico Nacional

5. A nivel nacional existen proyectos de desarrollo y/o actualización de normativa referente a coordinación modular, medidas preferentes y tolerancias constructivas. Si bien, en algunos casos, se vio que el desarrollo normativo no es la herramienta con mayor impacto en la implementación de la estrategia, en vista que ya existen los proyectos de desarrollo normativos, se pueden aprovechar éstos para generar un marco de estandarización, considerando los lineamientos internacionales y las propuestas realizadas. No obstante, se debieran considerar también las herramientas que posiblemente tengan un mayor impacto estratégico, como son el fomento de la coordinación del mercado con la industria de la construcción para fabricar y disponer de componentes de medidas “estándar” y la generación de manuales prácticos que especifiquen las tolerancias de construcción admisibles.
6. En Chile, actualmente, no existen incentivos a nivel gubernamental para la construcción industrializada, así también, la generación de instancias o entidades encargadas de fomentar la industrialización de la construcción son recientes y se encuentran en periodo de planificación de sus actividades.
7. Las principales brechas identificadas a nivel nacional corresponden a:
 - a. Regulaciones o especificaciones que no se encuentran alineadas con medidas estandarizadas de componentes, lo cual genera, en la práctica, barreras para la implementación de una estandarización dimensional y el uso de componentes prefabricados.
 - b. La coordinación entre actores es escasa en los proyectos de construcción, por lo cual hoy en día representa una brecha importante que debe fomentarse para lograr una coordinación necesaria en los proyectos de construcción que incorporen componentes prefabricados.
 - c. En la práctica, en la gran mayoría de los proyectos no existe un diseño integrado, detallado y temprano que aborde los temas necesarios de compatibilidad en la utilización de componentes estandarizados, por lo cual deben generarse herramientas que facilitaran la generación de diseños racionalizados, que fomentaran el uso de componentes prefabricados.
 - d. Las tolerancias dimensionales son un problema latente en las construcciones tradicionales que incorporan componentes prefabricados. Aun cuando se genere una coordinación entre los actores, las desviaciones dimensionales de la construcción no permiten la correcta compatibilidad e

ESTANDARIZACIÓN DE MEDIDAS DE PARTES Y PIEZAS DE COMPONENTES DE LA CONSTRUCCIÓN

instalación de estos componentes en obra, por lo cual se vuelve necesario trabajar en líneas de acción conducentes a disminuir estas desviaciones en obra, para habilitar el uso de componentes prefabricados.

- e. Los proyectos de construcción trabajan normalmente con subcontratos en los cuales su rendimiento se mide casi únicamente de acuerdo al avance obtenido, no teniéndose, en general, incentivos ni obligatoriedad de cumplir con un cierto grado de calidad, por ejemplo el de ajustarse a tolerancias dimensionales admisibles.

11.3. Estrategia Habilitante

8. Se plantea una estrategia que, a través de líneas de acción y actividades específicas, apunta a lograr una habilitación y fomento de la utilización de componentes prefabricados de dimensiones estandarizadas en la construcción.

La estrategia habilitante consta de 4 ejes de trabajo, los cuales se desarrollan transversalmente a 3 pilares principales identificados en la estandarización de medidas (Coordinación Modular, Medidas Preferentes y Tolerancias Constructivas). Cada eje de trabajo está conformado por líneas de acción y actividades específicas que apuntan a la implementación exitosa de la estandarización dimensional. Ver Figura 11.1.

Además, se establece la necesidad de una entidad encargada de implementar las distintas líneas de acción y actividades específicas propuestas. Esta entidad podría estar al interior del CCI o de la CChC.

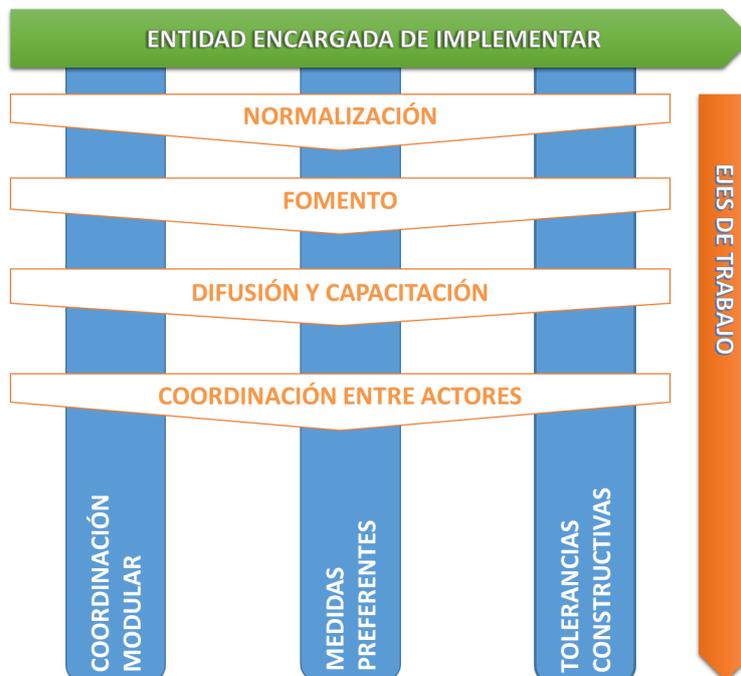


Figura 11.1. Esquematación de Estrategia Habilitante.

ESTANDARIZACIÓN DE MEDIDAS DE PARTES Y PIEZAS DE COMPONENTES DE LA CONSTRUCCIÓN

9. De las líneas de acción propuestas, se consideran particularmente relevantes de destacar, por su capacidad traccionante en la estrategia habilitante y claves para éxito en la implementación del programa propuesto, las siguientes líneas de acción particulares:

Alineamiento de Reglamentaciones:

Como herramienta habilitadora de la estandarización de dimensiones, que además genere un escenario propicio para la utilización de componentes estandarizados, sin recurrir a especificaciones mandatorias.

Poder de compra del Estado:

Uso del poder de compra del Estado para generar proyectos que incorporen una estandarización dimensional desde el diseño hasta los componentes utilizados. Lo anterior es clave para generar experiencias en este ámbito y evaluar los impactos de las herramientas propuestas, además de fomentar un mercado particular de componentes “estándar”.

Fortalecimiento Librería BIM:

Fortalecer la librería nacional BIM para generar una racionalización de la construcción desde el diseño, que permita generar proyectos que consideren componentes reales y disponibles en el mercado, con medidas estandarizadas en la práctica, lo cual genere un aprovechamiento de los materiales y compatibilidad de los componentes en obra.