



# Diseño Integrado para Viviendas Energéticamente Eficientes en Chile: Enhebrando Capacidades

Integrated Design for the development of energy efficient housing in Chile: threading abilities

Underlea Miotto Bruscatto (a); Rodrigo García Alvarado (b); Olavo Escorcía Oyola (c); Maureen Trebilcock Kelly (d); Flavio Celis Damico (e).

(a) *Universidade do Vale do Rio Sinos, Unisinos – email: bruscatop@unisinos.br*

(b) *Universidad del Bío - Bío, Chile – email: rgarcia@ubiobio.cl*

(c) *Universidad Nacional, Colombia – email: oescorciao@unal.edu.co*

(d) *Universidad del Bío - Bío, Chile – email: mtrebilc@ubiobio.cl*

(e) *Universidad de Alcalá, España – email: flavio.celis@uah.es*

---

## RESUMEN

*Palabras clave:*

Vivienda  
Diseño Integrado  
Eficiencia Energética  
Chile

El diseño integrado es una estrategia para desarrollar proyectos de arquitectura sustentable, incorporando trabajo multidisciplinario y evaluaciones de desempeño, que ha demostrado ser un aporte relevante en la ejecución de edificios públicos de países desarrollados. Este artículo presenta la revisión de aspectos de diseño integrado para la elaboración de viviendas energéticamente eficientes en la zona sur de Chile, destinadas en particular a la reconstrucción post terremoto del 27 de Febrero del 2010. Realizando primeramente una síntesis de características de los procesos de diseño integrado, sus condiciones implícitas, participantes, etapas, recursos y resultados esperados según referencias internacionales. Luego se contrasta con la práctica regular de diseño de viviendas en Chile según la regulación vigente y entrevistas a profesionales. Posteriormente se analizan procesos de diseños de casas experimentales y conjuntos habitacionales particularmente enfocados al desempeño energético, realizando seguimientos y entrevistas para revisar aspectos significativos. Identificando algunas consideraciones y recursos relevantes aplicados en el diseño de las viviendas que permitieron el logro de mejoramientos ambientales.

## ABSTRACT

*Keywords:*

Housing  
Integrated design  
Energy Efficiency  
Chile

Integrated design is a strategy for the development of sustainable architecture, incorporating interdisciplinary work and performance assessment within the design process, which has become a relevant contribution to the development of public buildings in industrialized countries. This article presents a review of aspects related to integrated design for the development of energy efficient housing in the

southern area of Chile, oriented to the reconstruction process after the earthquake of the 27th of February, 2010. Firstly, it synthesizes the characteristics of the Integrated Design Process, its implicit conditions, participants, stages, resources and expected results, according to international references. It also compares this with the common practice of the design of houses in Chile under the current regulations and through interviews to professionals. Then, it analyses the design process of experimental houses and housing projects specifically focused on energy performance, carrying out interviews to revise significant aspects, identifying relevant resources applied to the design of houses that permitted the achievement of environmental improvements.

## 1. Introducción

El desarrollo sostenible obliga abordar nuevos aspectos en el diseño de las viviendas, especialmente para reducir su demanda energética; debido a que la edificación residencial es uno de los sectores de mayor consumo de energía. Por ejemplo en Chile consume más del 20% del total nacional (Rozas y Bardi, 2010), además que proviene de fuentes mayormente no-renovables. A la vez, se enfrentan requerimientos de mayor calidad ambiental, aumento poblacional y catástrofes naturales, que obligan a una renovación creciente del parque habitacional. El terremoto ocurrido el 27 de Febrero de 2010 en la zona sur del país, deterioró cerca de un 30% de las viviendas existentes en las tres regiones afectadas (Maule, Bío - Bío y Araucanía), que poseen aproximadamente 4.000.000 de habitantes, lo que requiere el desarrollo de diversas iniciativas de construcción residencial.

Por esta razón, en una acción conjunta entre la Universidad del Bío - Bío y la Agencia Chile de Eficiencia Energética a través del proyecto MEL 81100032 financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICYT), se ha planteado el estudio de condiciones adecuadas para una planificación habitacional que incorpore un mejor desempeño energético. Considerando que actualmente se están ejecutando diversos programas públicos de re-construcción y mejoramiento habitacional, así como iniciativas privadas de edificación colectiva e individual, que abordan la ejecución y rehabilitación de viviendas. Estas acciones, adoptan procedimientos y tipologías arquitectónicas similares a las existentes, constituidas mayormente por urbanizaciones periféricas de viviendas aisladas en uno o dos pisos de albañilería reforzada y techumbre de madera (Fig. 1). En una zona que presenta un

clima templado-frío, con alta humedad en las zonas costeras, que generan especialmente demandas puntuales de calefacción en invierno para alcanzar un confort ambiental adecuado.



**Figura 1:** Viviendas de Reconstrucción en la Zona (elaboración propia).

**Figure 1:** Housing Reconstruction in the Area (own elaboration)

El diseño sostenible de viviendas implica revisar distintas condiciones de la ejecución y ocupación de las edificaciones que van desde la utilización de materiales más renovables hasta establecer agrupaciones de menor impacto territorial pasando por ejemplo por estrategias de climatización pasiva. Estas medidas, deben considerar siempre una resolución adaptada a las condiciones locales y a las relaciones culturales y ambientales (CE, 2007). En los estudios sobre la construcción residencial en Chile (como Bustamante, 2009, Rozas y Bardi, 2010), se enfatiza para estas zonas la necesidad de mejorar el desempeño higo-térmico de la envolvente (lo que se ha recogido parcialmente en nuevas regulaciones), así como consideraciones

volumétricas y constructivas. Indudablemente, esto requiere de una evaluación cabal de las condiciones habitacionales y de la modificación de las prácticas de ejecución.

Esto se ha conseguido en los países desarrollados elaborando proyectos arquitectónicos que desde el comienzo consideren aspectos sostenibles, a través de un proceso denominado de “diseño integrado” (Lohner et al, 2003; Zimmerman, 2004), el cual ha demostrado una notable contribución en la ejecución de edificaciones de mejor desempeño ambiental. Sin embargo, no se dispone de consideraciones específicas de este procedimiento para la construcción residencial, especialmente en el ámbito latinoamericano.

Por este motivo, el objetivo de esta investigación fue determinar aspectos significativos del proceso de diseño integrado que se puedan aplicar en la reconstrucción de viviendas en la zona sur de Chile, para alcanzar así mejoras en su desempeño energético. A través de revisar las características y condiciones sugeridas para el proceso de diseño integrado en relación a la práctica regular de los proyectos de viviendas en el país y a la práctica avanzada en algunos casos de estudio. Se efectuaron entrevistas a profesionales y análisis de documentos y diseños, así como el seguimiento de un par de proyectos de edificación residencial en la zona que se plantearon metas ambientales. Identificando finalmente algunas consideraciones relevantes para el logro de mejoramientos energéticos en el diseño de viviendas.

## 2. Características del Diseño Integrado

El diseño integrado es una estrategia de trabajo surgida en la última década en el medio profesional anglosajón, que se ha sido aplicada en distintas experiencias, especialmente de edificios públicos (como lo ejemplifica Lohner et al, 2003; Zimmerman, 2004; Moe, 2008; 7Group y Reed, 2009; Semple, 2009; Keeler y Burke, 2009; Yudelson, 2009, Kowk y Grondzik, 2011), y ha sido revisada en algunas casos latinoamericanos (Trebilcock, 2009; Figuereido y Silva, 2010). Esta estrategia pretende promover una arquitectura más sustentable a través de la colaboración multidisciplinaria temprana, fundamentando que en las primeras fases del proyecto se pueden definir aspectos sustanciales para el mejor desempeño ambiental de un edificio. Más aún, de acuerdo a EC, 2009, se pueden conseguir reducciones de hasta un 80% de los costos

operacionales. El proceso de diseño integrado contempla en general las siguientes características (Tabla 1);

1. Motivación; los participantes están comprometidos con elaborar un proyecto de edificación que contribuya al desarrollo sostenible.

2. Metas; se establecen objetivos globales y requisitos medibles de bajo impacto y buena calidad ambiental que debe alcanzar el diseño.

3. Holística; se revisa información amplia para el proyecto (en particular del sitio, clima y cultura local, materiales y sistemas, comportamiento de usuarios, etc.).

4. Coordinación; se establece una dirección o apoyo central, distribuyendo y vinculando actividades.

5. Multidisciplina; participan distintos profesionales y también otras personas interesadas o involucradas en el proyecto.

6. Extensión; el proceso se desarrolla desde el comienzo del diseño, en todas sus fases, incluso en la ejecución y ocupación.

7. Análisis; las decisiones de diseño son revisadas en una secuencia reiterativa incrementando el logro de los requisitos planteados.

8. Evaluaciones; se efectúan preliminarmente cuantificaciones específicas (en particular demanda/consumo energético, y costos de construcción/operación).

9. Innovación; el proyecto incorpora condiciones novedosas respecto a la generalidad de los diseños, en particular recuperando condiciones vernáculas.

10. Verificaciones; se establece alguna comprobación de los requisitos iniciales considerados en el diseño.

Aunque estas características se pueden reconocer en cualquier proyecto arquitectónico, se distinguen en estos procesos por su cumplimiento expreso. Enfatizando la participación de distintos profesionales y el logro de mejoramientos sostenibles. Para desarrollar esta estrategia se asumen también algunas condiciones, como el requerimiento de un edificio con desempeño ambiental relevante, una formación especializada en construcción sostenible de parte de algunos participantes, capacidad de organización del grupo, el manejo de herramientas de evaluación y verificación de

desempeños ambientales y la disponibilidad de información específicamente del lugar, productos y comportamientos. Así como una magnitud del proyecto que permita un trabajo multidisciplinario y mejoramientos, en particular la asignación o transferencia de los costos mayores de proyecto y construcción, y eventualmente plazos más extensos. También se considera la existencia de certificaciones, regulaciones o referencias sostenibles (principalmente LEED), la adopción de las características de diseño en la construcción y ocupación del edificio, la resolución de las responsabilidades y riesgos combinados de diseño, y la compatibilidad de los mejoramientos sostenibles con las expectativas estéticas, culturales, funcionales y presupuestarias del proyecto.

Los participantes normalmente considerados en el proceso son;

1. Coordinador; un especialista asesor, facilitador o director, suele ser un gestor de proyecto (project management), vinculado al diseño o la operación inmobiliaria.
2. Arquitecto
3. Ingeniero Estructural
4. Ingeniero o Técnico Sanitario
5. Ingeniero o Técnico Eléctrico
6. Ingeniero o Técnico de Climatización (a veces, especialista en simulación energética).
7. Ingeniero constructor o representante de la entidad ejecutora del edificio.
8. Mandante o representante de los propietarios del edificio.
9. Usuarios o representante de los ocupantes del edificio.
10. Agente público o representante de la regulación de edificación.

Aunque los actores 8, 9 y 10 son rara vez mencionados durante el proceso.

Se insiste fundamentalmente en la participación simultánea de profesionales con distintas mentalidades en las diversas decisiones de diseño. Planteando el principio de las 4'E: "*Engage Everyone Early in Each Issue*" (involucre a cada uno temprano en cada tema) según 7 Group y Reed (2009).

Aplicando estas condiciones en las distintas etapas del proyecto; desde la revisión de antecedentes, el diseño preliminar o esquemático, el desarrollo o proyecto arquitectónico, la definición constructiva y proyectos especializados, hasta la ejecución y ocupación del edificio. Considerando una participación concurrente de los distintos especialistas en cada fase del diseño.

Por otro lado, se advierten la utilización de distintos recursos en el proceso, como los tradicionales planos de arquitectura e ingeniería, así como software de diseño tridimensional o BIM (modelación constructiva), y software de análisis energético, de iluminación, ventilación (CFD) y/o acústico. Efectuando jornadas de trabajo colectivas (eco-charrete), lo que exige establecer un cronograma de reuniones y un cuadro de participantes, definiendo frecuentemente una tabla de Desempeños o Chequeo de la Certificación esperada. Se realizan isométricas de volúmenes con asoleamiento en distintas fechas/horarios, cortes con flujos de aire y radiación en diferentes estaciones del año y detalles constructivos de envolventes con cálculos de transmitancia. En algunos casos también la evaluación económica de costos de construcción y retorno de la inversión, un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Así como vistas exteriores realistas (renders) para comprobar diseño final, y gráficos de demanda/consumo energético anual.

Finalmente el diseño integrado se conduce a ciertos resultados, primeramente los propios de un proyecto de edificación; una distribución funcional, resolución constructiva y costo global (verificables según normativas o solicitudes expresas). Además de una apariencia interior y exterior adecuadamente aceptable por los ocupantes y la sociedad.

En las condiciones ambientales se suele seguir una regulación o certificación, o desempeños específicos en demanda/consumo energético anual por unidad de superficie (a veces expresada en condiciones constructivas o de sistemas), magnitudes de temperatura, humedad o renovación de aire interior, aislación higro-térmica, permeabilidad, protección hídrica y aislación acústica de la envolvente, monto de CO<sub>2</sub>, ciclo de vida de materiales, consumo de agua, residuos, etc.

**Tabla 1:** Características, condiciones, participantes, procesos, recursos y resultados del diseño integrado  
**Table 1:** Characteristics, conditions, participants, processes, resources and results of integrated design

CARACTERÍSTICAS	CONDICIONES	PARTICIPANTES	PROCESO	RECURSOS	RESULTADOS
Motivación	Requerimiento	Coordinador	Antecedentes Diseño	Planos de Arq. E Ing.	Distribución Funcional
				Software 3D o BIM	Definición Constructiva
Metas	Formación	Arquitecto	Diseño preliminar	Software Simulación	Costo Global
				Jornadas de trabajo	Apariencia adecuada
Holístico	Capacidad	Ing. Estructural	Desarrollo diseño	Cronograma reuniones	Certificación
Coordinado	Software	Ing. / tec. Sanitario	Desarrollo constructivo	Cuadro participantes	Demanda/Consumo
				Tabla de desempeño	Magnitud de T°
Multidisciplinario	Disponibilidad de Información	Ing./ tec. Electricista	Construcción	Estudio Asoleamiento	Humedad
Extenso	Magnitud	Ing./ tec. Climatización	Ocupación del edificio	Estudio aire/Rad. Sol	Renovación de aire
				Estudio envolvente	Aislación higrótérmica
Analítico	Cert. Y Regulaciones	Ing. Constructor		Evaluación Económica	Permeabilidad
					Protección hídrica
Evaluado	Adopción del edificio	Mandante/ propietario		Análisis F.O.D.A	Aislación acústica
					Monto CO2
Innovador	Resolución	Usuarios		Representación grafica	Ciclo de vida
Verificador	Compatibilidad	Agente Público		Gráficos energéticos	Consumo de agua
					Residuos

### 3. Aplicación en Chile

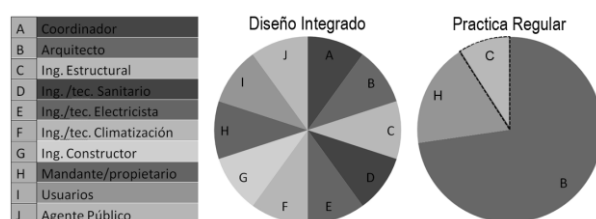
Para revisar las posibilidades de implementación del proceso diseño integrado en la ejecución de viviendas en Chile, se efectuó primero una contrastación de sus características con la práctica regular en el país, y luego una revisión más exhaustiva en algunas prácticas avanzadas. Con el fin de detectar aspectos significativos que pudieran contribuir en particular a mejorar el desempeño energético de las viviendas en la zona. De acuerdo los estudios locales (Bustamante, 2009, Rozas y Bardi, 2010) y principios generales (CE, 2007), estos deben ser fundamentalmente adaptaciones de la volumetría, materialidad de la envolvente y sistemas de climatización, principalmente para reducir vastos consumos de calefacción en invierno.

En la práctica regular, se revisaron primero la presencia de condiciones de diseño integrado en las normativas generales de proyecto y construcción residencial, y luego se efectuaron entrevistas semi-estructuradas a algunos profesionales con vasta experiencia en diseño habitacional en la zona. Realizando transcripciones y resúmenes temáticos de estos antecedentes, que luego se compilaron en una valoración en los distintos aspectos de diseño integrado (características, condiciones, participantes, etapas, recursos y resultados).

En la legislación de edificación actualmente vigente en Chile (Ordenanza General de Construcciones y Urbanización), para un proyecto de vivienda individual se considera una fase general de proyecto, previa a la construcción, con la participación obligatoria exclusivamente del arquitecto, y del propietario como suscriptor de los documentos finales, y ambos en la certificación final de ejecución, junto con la provisión de servicios sanitarios y eléctricos. En los proyectos de conjuntos habitacionales se exigen antecedentes adicionales de urbanización vial, sanitaria y eléctrica, suscritos por profesionales especializados. Exigiendo algunas condiciones formales de vialidad, volumen y aberturas por funcionalidad, asoleamiento y ventilación, (aunque independientes de su localización o distribución). Así como características constructivas de soporte estructural y control de calidad. A partir del año 2000 se implemento una normativa térmica que exige condiciones de aislación térmica en la envolvente de techos, muros y pisos (solo para vivienda), que ha demostrado una aplicación y desempeño regular. Se comprometió para el año 2010 una certificación térmica global que ha sido postergada.

Los profesionales consultados corresponden a arquitectos con oficinas privadas independientes, que presentan una experiencia

media de unos cincuenta proyectos de vivienda mayormente individuales, como también algunos conjuntos, localizadas en las ciudades mayores de la zona. En las entrevistas expresaron realizar un proceso de diseño bastante autónomo (Fig. 2), con etapas progresivas revisadas con los mandantes que se concentran mayormente en requerimientos programáticos, de costo global y aprobación de apariencia. Considerando visita a los sitios y observación de usuarios. Ocasionalmente, de manera tardía y parcial, participan de profesionales estructurales, sanitarios o eléctricos cuando los proyectos poseen complejidades particulares. Escasamente de climatización o incluso de construcción. La ejecución presenta frecuentes modificaciones de diseño, concertadas parcialmente entre mandante, constructor y arquitecto, con la participación ocasional de instaladores. Desde la implementación de normativas térmicas se incrementaron los aislamientos de envolvente, según consideraciones prescriptivas (espesor de materiales según zonas geográficas o soluciones constructivas certificadas), pero sin evaluar o verificar sus desempeños.



**Figura 2:** Participantes según Diseño Integrado vs. Práctica Regular en Chile (elaboración propia)

**Figure 2:** Participants according to Integrated Design vs. Regular Practice in Chile (own elaboration)

Con el fin de revisar una variedad de experiencias locales, se eligieron como práctica avanzada, algunos casos de estudio que plantearon objetivos especiales de calidad constructiva y desempeño ambiental. Se analizaron los diseños y sus procesos de proyecto y ejecución, mediante entrevistas, revisión de documentos y visitas a obras, y, en algunos casos, seguimientos y asistencia a reuniones de diseño.

Primeramente se analizaron dos viviendas individuales de arquitectos con relevante reconocimiento profesional que abordaron encargos con intenciones ambientales específicas (Casa Arco de Pezo Von Ellrichausen en Concepción, y Casa Marti en Villarica de Pablo Sills). Ambas son viviendas construidas, por lo

que se pudieron revisar los desempeños reales de la obra. Como también el desarrollo de una vivienda para un conjunto de treinta y dos unidades en ejecución en la periferia de Concepción, en que los gestores inmobiliarios de amplia experiencia nacional y local habían promovido un nuevo diseño buscando mejoramientos constructivos, energéticos y funcionales. Dos casos más de viviendas experimentales (una individual y otra en conjunto de ocho unidades), en que están involucrados la Universidad y otras entidades desarrollando soluciones de alto desempeño ambiental, utilizando estrategias de diseño multidisciplinario, en los cuales se pudo realizar un revisión continua y directa del proceso.

De modo que se estudiaron cinco casos avanzados, tres individuales y dos de conjuntos (Fig. 3). En los cuales tres ya están ejecutados (dos individuales y un conjunto), por lo que se consulto el proceso desarrollado y se revisaron las condiciones de diseño logradas, y dos en proyecto en que se realizó un seguimiento. El primer proyecto revisado de manera continua está destinado a una agrupación de ocho viviendas aisladas de interés social (aproximadamente 55 m<sup>2</sup> cada una) en un suburbio de la ciudad de Temuco. Elaborado entre la organización gremial de empresas constructoras de la región de la Araucanía, la agencia pública de provisión de financiamiento residencial y profesionales de la Universidad del Bío-Bío en el proyecto y ejecución. El segundo proyecto es una vivienda particular de aproximadamente 140 m<sup>2</sup> ejecutada en un faldeo cercano a la ciudad de Concepción, en la comuna de San Pedro de la Paz. Ejecutado con un mandante privado y profesionales universitarios involucrados en un proyecto de investigación sobre sistemas constructivos en madera sólida aplicando el estándar alemán de casa pasiva.

Los primeros casos de viviendas ejecutadas con un interés particular de desempeño ambiental revelaron un proceso arquitectónico bastante autónomo, aunque motivado e innovador. Sustentado en una formación avanzada de los profesionales involucrados y estudios específicos del diseño, pero con logros variables y escasa participación multidisciplinaria. En el caso del conjunto inmobiliario se reconoce un proceso bastante estrecho entre el proyecto arquitectónico, la ejecución constructiva y ocupación, pero sin una organización profesional colaborativa o evaluaciones ambientales específicas. Igualmente se asumen

mejoramientos energéticos y materiales, con algunas verificaciones de uso. En los dos proyectos experimentales en desarrollo se advierte una estructuración del proceso y definición de logros, especialmente de calidad constructiva y eficiencia energética, con una organización multidisciplinaria y especializada aunque sin mucha experiencia previa en esta integración y desempeños. Utilizando sistemas computacionales de simulación energética y diseño tridimensional y una amplia discusión profesional temprana. Enfrentando algunas modificaciones o dificultades en los requerimientos y participación disciplinaria, así como en las definiciones técnicas. Alcanzando la elaboración completa de proyectos con expectativas de mejor desempeño ambiental y un relevante respaldo profesional.



Figura 3: Ejemplos de prácticas avanzadas de diseño de viviendas en la zona (P.Sills, Inm. Aconcagua, Serviu y CCHC-IX Región)

Figure 3: Best practices housing design in the area (P.Sills, Inm. Aconcagua, Serviu and CCHC-IX Región)

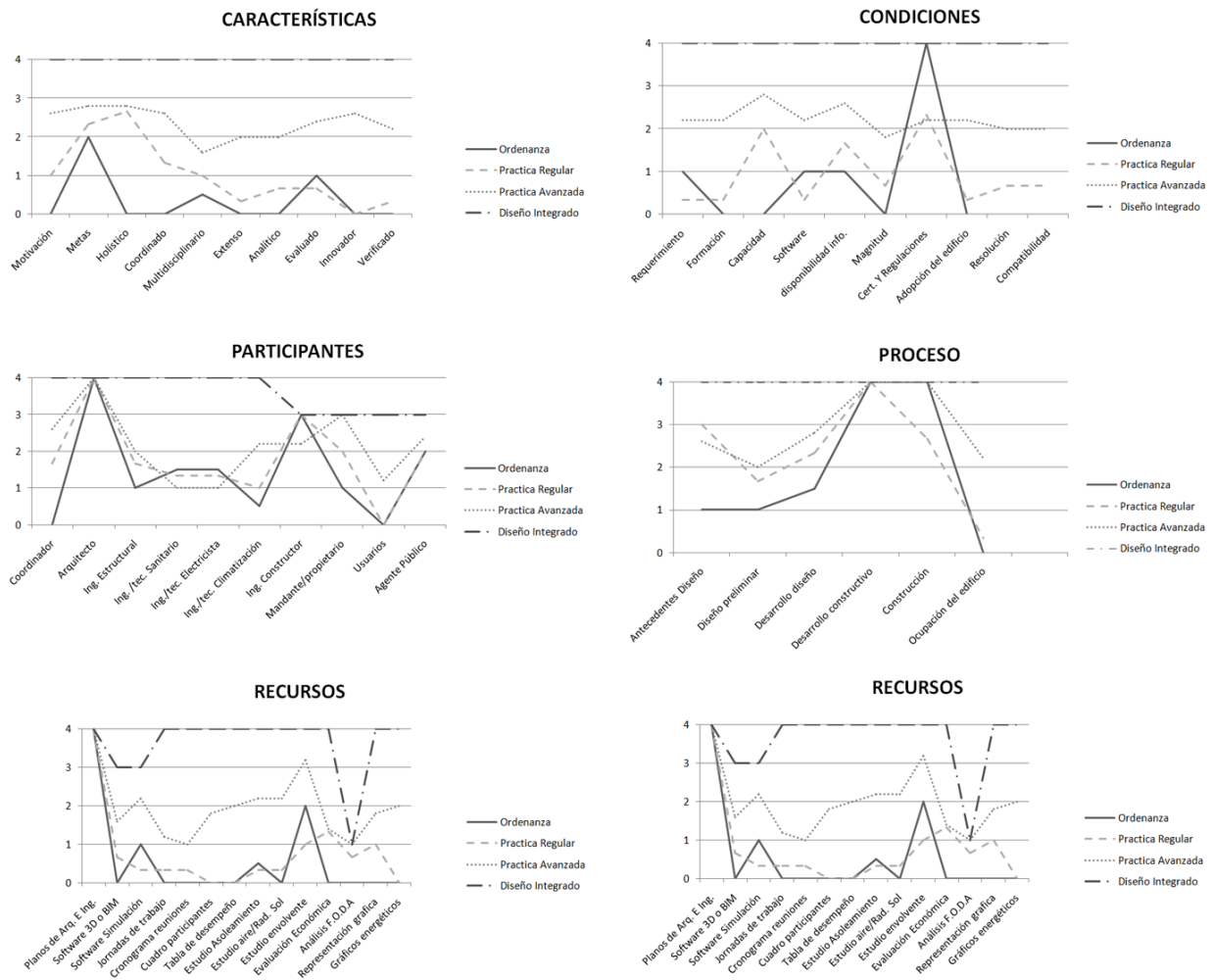


Figura 4: Gráficos comparativos de aspectos de diseño integrado según la ordenanza, práctica regular y avanzada. (elaboración propia)

Figure 4: Comparison charts of integrated design aspects according to common, good and best practice. (own elaboration)



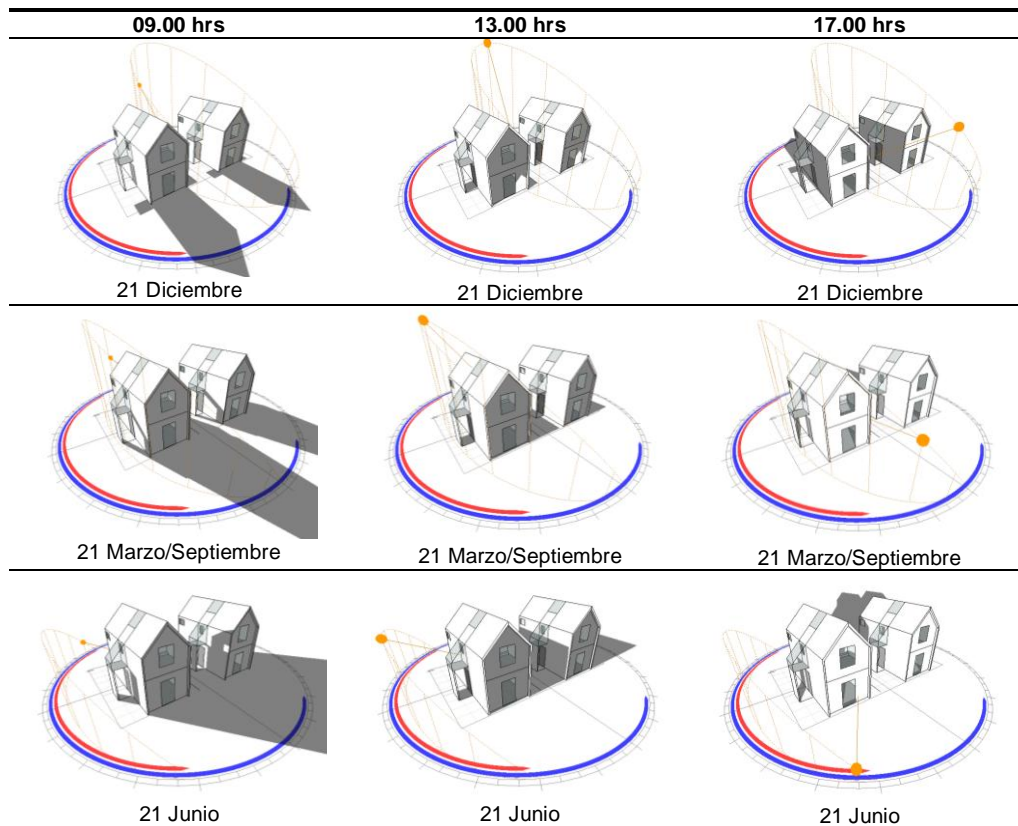
#### 4. Análisis de Procesos de Diseño

En las normativas y prácticas regulares de vivienda en el país se advierte que están alejadas de las consideraciones de diseño integrado sugeridas por los autores anglosajones. Especialmente en aspectos relevantes, como la participación multidisciplinaria, la extensión del proceso y evaluación de los diseños, aunque se reconoce una aproximación integral, el desarrollo de capacidades profesionales e incipiente incorporación de certificaciones. Concentrando el desarrollo en el arquitecto, con alguna participación de mandantes y constructores, y escasamente otros técnicos, en un proceso focalizado en su desarrollo constructivo, utilizando fundamentalmente planos. Logrando resultados arquitectónicos adecuados, pero sin antecedentes sobre desempeño ambiental.

Las prácticas de casos avanzados por su lado presentan un mayor acoplamiento con la estrategia de diseño integrado, especialmente en las metas e innovaciones buscadas, aunque con debilidades también en la participación multidisciplinaria y evaluaciones. Se reconoce una relevante adopción de capacidades y

compromisos de desarrollo, pero las regulaciones y magnitudes de proyecto son reducidas. La colaboración incluye a una amplia diversidad de profesionales, aunque con escasa representatividad de los mandantes, usuarios o ejecutores. El proceso, igualmente se concentra en el desarrollo, pero con mayor actividad en la fase inicial. Los recursos se complementan con acciones de gestión, herramientas de estudio y documentos gráficos. Alcanzando mejores resultados previstos en el desempeño energético, adecuadamente compatibles con el diseño arquitectónico, pero sin expresar otros aspectos ambientales (Fig. 4).

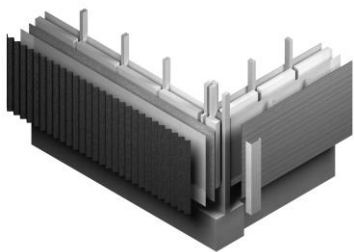
En el seguimiento y revisión detallada de los proyectos con intereses en el desarrollo energético (Vivienda Social en Temuco y Casa Pasiva de Madera Sólida en San Pedro), se identificaron algunas características significativas de diseño integrado, y acciones de compatibilidad entre la propuesta arquitectónica y la eficiencia energética. Aunque se debe reconocer que en ambas iniciativas concurren motivaciones que convocan a profesionales con formación especializada y recursos adicionales, pero



**Figura 5:** Análisis de Asoleamiento (CChC-IX Región)  
**Figure 5:** Analysis of sun shading ( CChC-IX Región)



además participan otros profesionales, entidades y mandantes en condiciones similares a los proyectos regulares de vivienda en la zona. Las dos experiencias establecen metas de comportamiento energético (en Temuco; menos de 48 kwh/m<sup>2</sup>, en San Pedro; 15 kwh/m<sup>2</sup>), equivalentes al 10-30% de una vivienda equivalente, además de otras condiciones ambientales, expresadas en una tabla de desempeños en el primer caso, o en el estándar de Casa Pasiva en el segundo caso. Con un proceso de trabajo distribuido y jerarquizado entre distintos profesionales; arquitectos en distintos roles e ingenieros de diferentes especialidades, y ocasionalmente representantes de mandantes y constructores. Varios profesionales participantes poseen postgrados en el área, pero los encargados del diseño y ejecución corresponden a profesionales regulares. Ambos casos efectúan encuentros colectivos de trabajo desde la formulación inicial, en que se discuten decisiones de diseño utilizando resultados de evaluaciones numéricas (simulaciones energéticas y presupuestos), y desarrollan propuestas innovadoras de diseño, considerando efectuar verificaciones de desempeño en la ocupación. En los dos proyectos se ha contado con algún financiamiento adicional de diseño y ejecución, con un plazo que se ha extendido más que lo habitual, pero ajustándose a presupuestos regulares de construcción y con compromisos explícitos de ejecución. Se utilizaron planos esquemáticos y detallados de arquitectura, vistas isométricas de volumetrías con asoleamiento en fechas relevantes de un año normal (fig. 5), simulaciones energéticas, estimaciones presupuestarias, cálculos de transmitancia térmica, cortes constructivos con flujos de aire, iluminación natural y radiación, visualizaciones realistas de modelos digitales tridimensionales (Fig. 6 y 7), gráficos de presión de vapor vs. presión de saturación para determinar riesgos de condensación, gráficos de demanda mensual de energía, cuadros de admisión y extracción de aire por recinto, de permeabilidad de aire por tipos de ventanas, etc.



**Figura 6:** Detalle Constructivo (CChC-IX Región)  
**Figure 6:** Construction Detail (CChC-IX Región)



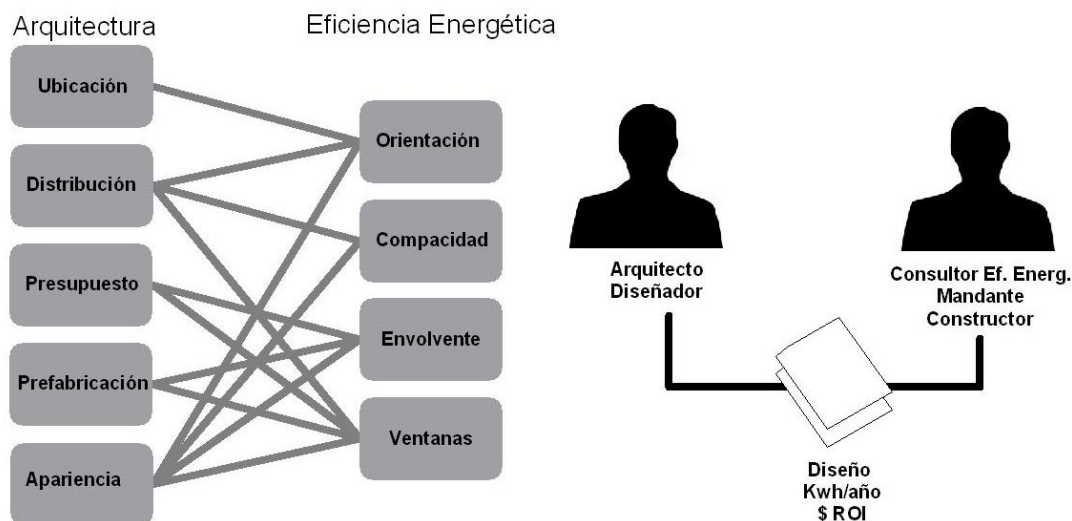
**Figura 7:** Imagen del Proyecto de Temuco en CITEC - UBB (CChC-IX Región)

**Figure 7:** Temuco Project Image in CITEC - UBB (CChC-IX Región)



**Figura 8:** Reuniones de Diseño (elaboración propia)  
**Figure 8:** Design meetings (own elaboration)

Durante ambos procesos se tuvieron que compatibilizar algunas definiciones de diseño arquitectónico (por requerimientos del mandante, de ejecución o condiciones culturales), con mejoramientos específicos para mejorar el desempeño energético. Estos “conflictos” revelan acciones necesarias para ajustar el proceso tradicional de proyecto con los avances ambientales esperados, expresando de este modo aspectos especialmente significativos para lograr una arquitectura sustentable. Por ejemplo en ambos casos, se tuvo que cambiar de localización y/o buscar un sitio más apropiado para lograr un mayor asoleamiento que se compatibilizara con un adecuado acceso y vistas del entorno, y dimensión del lote. También hubo que ajustar el volumen para otorgarle una mayor



**Figura 9:** Conflictos de diseño y participantes involucrados (elaboración propia)  
**Figure 9:** Design Conflicts and participants involved. (own elaboration)

compacidad (menor perímetro para reducir superficie de envolvente y por ende las pérdidas térmicas), implicando también modificar su apariencia exterior, la dimensión y distribución de espacios. Del mismo modo la disposición de recintos húmedos, instalaciones de climatización y ductos obligó a ajustar la organización interior adecuando su capacidad y relación funcional. Las definiciones de envolvente, necesarias para mejorar transmitancia, ventilación y sellos hídricos, debieron compatibilizarse con el tratamiento expresivo, los costos globales y posibilidades de prefabricación. En particular la definición de ventanas implicó revisiones presupuestarias y de desempeño energético, como también ajustar dimensiones y terminaciones en el diseño.

Estas definiciones conflictivas se efectuaron en ambas experiencias, en reuniones entre el arquitecto-diseñador y el profesional encargado de la evaluación energética, pero también participaron representantes del mandante y de la construcción (Fig. 8). A través de discusiones presenciales consecutivas (distintas reuniones en que se acordaban revisiones específicas de estos aspectos entre una cita y otra), utilizando durante los encuentros esquemas de plantas y cortes que se trazaban con nuevas posibilidades. En las reuniones se informaban resultados totales de simulaciones energéticas y estimaciones presupuestarias de costos de construcción (Fig. 9). También ha sido importante en ambos procesos la transferencia de documentos entre los participantes (planos, cálculos y folletos de productos) entre cada una de las citas y

profesionales involucrados. Las decisiones críticas se adoptaron conjuntamente, en base a las posibilidades discutidas y resultados revisados, para compatibilizar condiciones adecuadas de diseño arquitectónico con las metas de eficiencia energética, lo que demuestra la aplicación de algunas condiciones de diseño integrado.

## 5. Conclusiones y Sugerencias

El proceso de diseño integrado es una estrategia de trabajo planteada para promover el desarrollo de una arquitectura más sustentable, que ha demostrado su aplicación en diversos edificios públicos de los países desarrollados. Este artículo presenta la revisión de sus posibilidades para mejorar la eficiencia energética de las viviendas en el Sur de Chile, que requieren especialmente reducir sus consumos de calefacción. Se analizan sus características relevantes en relación a la normativa vigente, la práctica regular y algunas prácticas avanzadas en la zona. Revelando diferencias sustanciales en los procesos tradicionales de diseño de vivienda con respecto a las condiciones sugeridas de diseño integrado. Las iniciativas avanzadas expresan una mayor convergencia con esta estrategia, probablemente por la formación especializada de los profesionales involucrados, proponiendo logros específicos de eficiencia energética en proyectos adecuados de vivienda. Estas acciones demuestran la potencialidad del proceso de diseño integrado para mejorar el desempeño energético de los proyectos de vivienda en la zona, al verificar la aplicación de

algunas condiciones que contribuyen a elaborar diseños con reducciones relevantes de consumo energéticos. Se detectan en estos casos algunas características significativas para estos logros, como es la participación en el proyecto de un especialista en eficiencia energética, del mandante y constructor, junto con el arquitecto en decisiones relevantes de diseño; así como la disponibilidad colectiva de documentación. Contando con antecedentes gráficos básicos del proyecto, así como tabulaciones de consumo y estimaciones de costos globales. Se reconoce la revisión consecutiva y colectiva de decisiones de diseño, principalmente sobre la localización, distribución, orientación, volumen, envolvente, vanos, presupuesto, prefabricación y apariencia del proyecto, para lograr un consumo energético inferior a un cuarto de una construcción equivalente en la zona, preservando una buena configuración arquitectónica de la vivienda.

Para generalizar esta estrategia de diseño integrado se requiere consolidar un proceso apropiado a las condiciones locales y divulgarlo en el ámbito profesional y social, con el fin de transferir sus beneficios y requerimientos. Probablemente se deba establecer algunas regulaciones o procedimientos instrumentales que lo faciliten, así como demostraciones fehacientes de sus logros. Podría ser particularmente efectivo verificar y difundir algunos procesos y resultados, entregando ejemplos cuantificables y verificados. Revisando los ajustes morfológicos y constructivos que se requieren en el diseño para alcanzar un mejor desempeño energético. Como también vincular estas experiencias con otros contextos o tipologías de edificación, y desarrollar algunos medios efectivos de trabajo a distancia e integración del diseño y evaluaciones energéticas y económicas, con el fin de facilitar el proceso de proyecto.

La estrategia de diseño integrado puede ser levemente más costosa y extensa en el tiempo, especialmente para viviendas individuales, incluyendo la formación especializada de algunos profesionales y recursos operativos necesarios, lo mismo que la adopción de mejoramientos de diseño y construcción, por lo que se deben evidenciar y transferir estos requerimientos adicionales. Es importante también cautelar el equilibrio de intereses y organización del equipo para alcanzar integradamente las metas ambientales y arquitectónicas. Probablemente se vayan decantando algunas consideraciones y recursos que progresivamente aligeren el proceso necesario, en particular concentrando los ajustes

de diseño y potenciando sus resultados. Las demandas energéticas obligan a integrar nuevos aspectos en el diseño arquitectónico, que implican una reformulación de sus actividades y condiciones, como la adopción de estrategias de diseño integrado. Pero estos procesos están demostrando posibilidades significativas para mejorar la calidad ambiental integral de las viviendas.

### Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto Conicyt MEL 81100032, y se agradece la colaboración de los arqtos. Gerth Wandersleben, Muriel Diaz, Laline Cenci y Paulina Wegertseeder, así como de PvE, Pablo Sills, Alejandra Bancalari, Roberto Burdiles, Francisco Schiappacase, Archiplan, Inmobiliaria Aconcagua y FONDEF D0911081.

### Referencia bibliográfica

7 GROUP; B. REED. *The Integrative Design Guide to Green Building: Redefining the Practice of Sustainability*. New York, John Wiley & Sons, 2009, 398 pgs, ISBN: 978-0-470-18110-2.

BUSTAMANTE, W. *Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social*. Santiago de Chile: MINVU División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional (MINVU) y Programa País de Eficiencia Energética (CNE), 2009, p. 203.

COMISION EUROPEA. *Un Vitrubio ecológico: Principios y prácticas del proyecto arquitectónico*. Barcelona: Gustavo Gili, 2007. ISBN: 978-84-252-2155-2.

FIGUEIREIDO, F; SILVA, V. *Processo de Projeto Integrado: recomendações para empreendimentos com metas rigorosas de desempenho ambiental*. 01/2010, PARC : Pesquisa em Arquitetura e Construção, Vol. 3, pp.1-15, Campinas, SP, Brasil, 2010 ISSN: 1980-6809.

KWOK, A; GRONDZIK, W. *The Green Studio Handbook: Environmental Strategies for Schematic Design*. 2° Edición. Elsevier, 2011. ISBN: 978-0-08-089052.

LÖHNERT, G; DALKOWSKI, A; SUTTER, W. *Integrated Design Process: a guideline for sustainable and solar-optimized building design*. Berlín: IEA International Energy Agency, 2003.

MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. Plan de Reconstrucción. [En línea] [Citado el: 10 de julio de 2011.] Disponible en Web <[http://minvu.cl/opensite\\_20101001180448.aspx](http://minvu.cl/opensite_20101001180448.aspx)>

MOE, K. *Integrated Design in contemporary Architecture*. New York: Princeton Architectural Press, 2008. ISBN 9781568987453.

ROZAS, Y; BARDI, C. *Eficiencia Energética en Vivienda*. Santiago: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2010.

CANADA MORTGAGE AND HOUSING CORPORATION (CMHC). *The Northern Sustainable House: An Innovative Design Process*. 1 v. Ottawa: Research report (Canada Mortgage and Housing Corporation), 2007.

TREBILCOCK, M. Proceso de Diseño Integrado:

nuevos paradigmas en arquitectura sustentable. *Arquitectura Revista*, Vol. 5, N. 2, 2009. ISSN 1808-5741.

YUDELSON, J.. *Green Building through integrated design*. New York : McGraw-Hill, 2009. ISBN: 978-0-07-154601-0.

ZIMMERMAN, A. *Integrated Design Process Guide*. s.1.: Calgary, Canada: Mortgage and Housing Corporation, 2004, p.18.

Recibido 24|11|2011  
Aceptado 09|12|2011