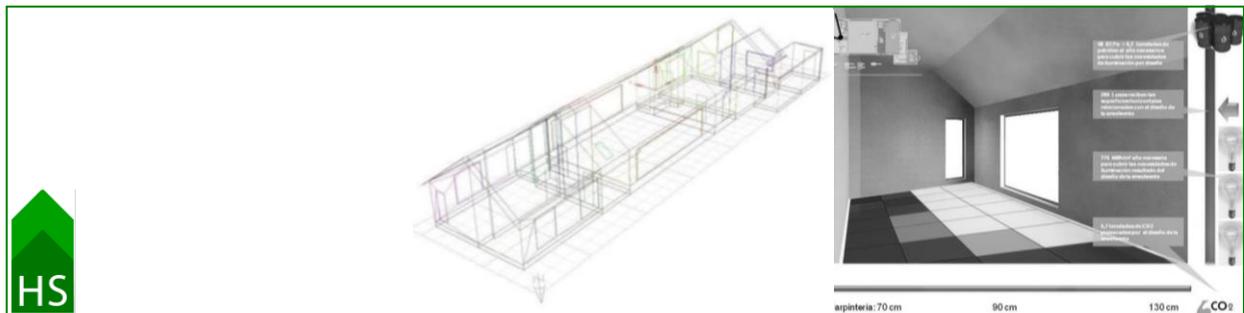


## Aprendizaje temprano de arquitectura sustentable mediante vistas interiores graduadas

Early learning of sustainable architecture through progressive interior views



**Adriana Edith Granero** [adriana.granero@gmail.com](mailto:adriana.granero@gmail.com)  
Facultad de Arquitectura - Universidad de Belgrano – Buenos Aires,  
Argentina

**Rodrigo García Alvarado** [rgarcia@ubiobio.cl](mailto:rgarcia@ubiobio.cl)  
Departamento de Diseño y Teoría de la Arquitectura – Universidad del  
Bío-Bío – Concepción, Chile



## RESUMEN

*Palabras Claves*  
Arquitectura sustentable  
Enseñanza profesional  
BIM  
Simulación energética

Lograr una arquitectura sustentable requiere, entre otros aspectos, incorporar consideraciones energéticas en etapas tempranas de los diseños arquitectónicos. Las definiciones ambientales involucran principalmente análisis numéricos y temporales, con un detalle de variables normalmente definidas en etapas avanzadas del trabajo proyectual, distantes de las resoluciones espaciales de la gestación inicial del diseño, especialmente durante el comienzo de la formación profesional. Se puede aplicar estos conocimientos técnicos en los alumnos, en etapas tempranas del proyecto, según las teorías de aprendizaje significativo y percepción, que sugieren capacidades de vinculación cognitiva, mediante tecnologías de información y simulaciones gráficas. Este artículo propone una secuencia de experiencias pedagógicas de integración, a partir de modelos para la resolución conjunta del diseño arquitectónico, que se enfoca en la elaboración de vistas espaciales graduadas según valores energéticos. Ello se ejemplifica con el dimensionamiento de vanos para iluminación natural en un recinto doméstico de trabajo, lo cual se relaciona con la privacidad y la visión exterior, como también con la comodidad y el consumo energético. El proceso se ensaya con grupos de estudiantes de arquitectura y a través de consultas con docentes y especialistas del área que reconocen una motivación significativa y de relación ambiental. Esta experiencia de integración gráfica implica una vinculación temprana de condiciones energéticas y espaciales, utilizable para la enseñanza y posterior desempeño profesional, que busca una arquitectura expresiva y ambientalmente responsable.

## ABSTRACT

*Key Words*  
Sustainable Architecture  
Higher Education  
BIM  
Energy Simulation

Achieving sustainable architecture requires, among other aspects, the incorporation of energy considerations in the early stages of architectural designs. Environmental definitions mainly involve numerical and temporal analysis and the detailing of variables normally defined in the advanced stages of a project, far from the spatial resolutions of the initial design concept, especially during early architectural education. This technical knowledge can be applied with students in the early stages of projects, in accordance with theories on meaningful learning and perception which suggest that information technology and graphic simulations enhance cognitive relational capabilities. This article proposes a sequence of pedagogical experiences with models for the integrated resolution of architectural design, which focuses on the creation of progressive spatial views with energy values. This strategy is exemplified by the sizing of windows for natural lighting in a home work space, which is related to privacy and a view of the outside, as well as with comfort and energy consumption. The process was tested with groups of architecture students and

through consultations with teachers and specialists who observed significant motivation that was related to the environment. This graphical integration experience involves the early connection of energy and space requirements, and is useful in higher education and later in professional work which seeks to achieve expressive and environmentally responsible architecture.

## 1. Introducción

El desarrollo de la arquitectura actual parece encontrarse frente a dos desafíos los requerimientos de menor impacto ambiental y la irrupción de nuevas tecnologías que tensionan especialmente la formación profesional.

La preocupación por un futuro sostenible en el sector de la construcción se ha concentrado en reducir el consumo energético y las emisiones de carbono de los edificios, lo que implica considerar diversos análisis numéricos del comportamiento del diseño arquitectónico de la obra y su evolución en el tiempo.

Este estudio aborda consideraciones abstractas vinculadas al desarrollo de condiciones ambientales y consumo de recursos, y remarca su relación lejana con los aspectos formales y espaciales directamente trabajados en la enseñanza de la arquitectura por la característica curricular. La Dra. López de Asiain, enfatiza en su tesis (2005) que esto ha dificultado integrar conocimientos técnicos en la formación profesional, por lo que se ha sugerido modificar esos procesos curriculares, mientras que en otros casos se propone renovar estrategias didácticas (Martínez, 2011). Sin embargo, ambos estudios no han mencionado la condición de disposición del alumno ante el nuevo conocimiento. ¿Cómo influye la tecnología con las que interactúan las nuevas generaciones de estudiantes? ¿Cómo actúan los objetos tecnológicos que disponen y utilizan de manera cada vez más creciente? ¿Qué huella producen los nuevos medios de información y comunicaciones que se caracterizan por su interacción gráfica?

Ahora bien, la enseñanza arquitectónica está basada sustancialmente en el diseño de proyectos, en la resolución de problemas y en la actividad en los talleres. La actividad, a su vez, está vinculada con las teorías actuales del aprendizaje y relacionada con la motivación, que puede ser de dos tipos: motivación por necesidad o motivación por placer.

La motivación por necesidad se da cuando el alumno busca desarrollar una actividad persiguiendo un fin: obtener el conocimiento, aprobar una materia, obtener un título. Mientras que la motivación por placer intelectual ocurre cuando el alumno satisface plenamente la necesidad de aprendizaje, tiene conciencia de la carencia de saberes y se enfrenta a situaciones problemáticas en las que requiere conocimiento.

Por otro lado, la investigación de Connolly, E. Boyle, Macarthur, Hainey y M. Boyle (2012) pone de manifiesto los posibles efectos positivos de los juegos de ordenador, juegos serios y juegos persuasivos en usuarios de más de 14 años y relacionados con el aprendizaje. Sobre la base de 129 artículos, se sostiene que uno de los mayores impactos está relacionado con la conducta afectiva, motivacional y cognitiva de la percepción. El estudio muestra el aumento en la adquisición de conocimiento y su relación con la manera de acceder a ellos, este mismo estudio pone de manifiesto que aquellos alumnos que acceden al conocimiento a través de juegos serios o juegos persuasivos logran una mejor comprensión de los conceptos, también en el artículo se vincula el aumento en la comprensión de conocimientos a la influencia producida por la conducta afectiva y motivacional, concluye describiendo las diferencias encontradas entre los alumnos que acceden al conocimiento a través de juegos por ordenador y los que lo adquieren de manera diferente. Esto se vincula con situaciones de placer intelectual, que favorecen el desarrollo de una conducta afectiva, y con la motivación tanto por satisfacer plenamente necesidades de conocimiento como por resolver problemas; condiciones que se dan particularmente en etapas tempranas de la formación del alumno y de su vinculación con los videojuegos. El alumno comprende el contenido porque está en un código que le es familiar, está acostumbrado a solucionar problemas que son competencia específica de los videojuegos, ha adquirido (con los juegos en red) habilidades para el trabajo en equipo y la colaboración y, en consecuencia, para la comunicación y la autorregulación.

En la revisión bibliográfica realizada se observa las posibilidades que las tecnologías tienen para constituirse en oportunidades para incorporar consideraciones sustentables en el aprendizaje.

A partir de esa premisa, este artículo expone una estrategia de integración, basada en la experimentación y desarrollo sucesivo de la relación de estudios ambientales con la representación espacial, aplicada en viviendas urbanas del Gran Buenos Aires y sobre la base de las investigaciones revisadas. En el trabajo se reconoce finalmente, la necesidad de elaborar una secuencia de vistas interiores con información gráfica presentada de manera graduada para generar una simulación en cuanto mecanismo de mediación diferente con los objetos de conocimiento de alta definición cultural, como secuencias narrativas breves o relatos audiovisuales que favorezcan el pensar digitalmente con imágenes y fortalezcan eficazmente el aprendizaje significativo de arquitectura sustentable.

## 2. Percepción y aprendizaje

Los estudios de percepción han comprobado extensamente los procesos cognitivos desarrollados durante la aprehensión del entorno, que validan el predominio visual pero también la permanente relación con los restantes sentidos, además de la memoria y la reflexión. Reconocen, además, una actividad constante de conexión y configuración mental de las percepciones, vinculada a la experiencia individual, como también a inferencias, que, en definitiva, se decanta en una comprensión global de la realidad (Gibson, 1986) y en el procesamiento de la información percibida, según la teoría computacional de Marr<sup>1</sup>. De manera similar, en las teorías educacionales se ha esclarecido la diferencia entre la aprehensión memorística y momentánea, y la comprensión más profunda y perdurable, que se identifica como "aprendizaje significativo" (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983). Este proceso se caracteriza, más que por sus medios o contenidos, por establecer relaciones con los conocimientos previos de la persona, asociándolos con otras informaciones, así como por su capacidad de meditar (metacognición) o valorar emocionalmente la experiencia de aprendizaje, todo lo cual genera modificaciones duraderas en el desarrollo personal.

<sup>1</sup>Mencionada por Vaina (2010:270-294).

Lion en el capítulo: Pensar en red. Metáforas y Escenario, retoma una investigación de Salomon, Perkins y Globerson de 1992, en ella se exploraba "la relación ente tecnologías "inteligentes" (mindtools) y la cognición, en este estudio se distinguía los efectos en conjunción con la tecnología de los efectos PRECEDENTES de la tecnología en términos del residuo cognitivo transferible dejado por la colaboración, tras la forma de un mayor dominio de habilidades y estrategias. Los primeros efectos los entendían como mejoras en la calidad de las acciones y en la oportunidad de las mismas; los segundos, en cambio, se vinculaban con aprendizajes más duraderos, habilidades plausibles de ser transferidas en otros contextos y situaciones." (Lion, 2006) El resultado de estas investigaciones nos permite comprender la acelerada adopción de tecnologías digitales, en particular por los jóvenes en etapas iniciales del aprendizaje. Sustentada especialmente en la facilidad de utilización, gracias a metáforas gráficas (como los sistemas operativos y los programas de dibujo), y/o a la generación de relaciones afectivas (como los teléfonos móviles o las redes sociales).

Se destaca también el desarrollo de los videojuegos, que ofrece una estructura progresiva de un ámbito complejo que involucra diversos sentidos y acciones, que incluye también vinculación con otros usuarios, y que es comprensible (y dominable) por personas de corta edad y sin una educación formal avanzada (Esnaloea, 2006). Cabe añadir aquí, que el concepto de "placer" en los juegos, al que se le denomina "placer lúdico", está vinculado con el disfrute y ha sido poco explorada su vinculación con el aprendizaje, mientras que el caso de juegos serios o persuasivos, este concepto está relacionado con el "placer intelectual".

La capacidad de los medios computacionales, especialmente de los sistemas lúdicos, es la que se ha pretendido explorar en estas experiencias, con la intención de incorporar a ellas requerimientos ambientales en el diseño de construcciones. Con ese fin, se ha procurado identificar procesos y recursos de aprendizaje apropiados para una comprensión sustancial en la formación inicial de arquitectura.

## 3. Aprendizaje de arquitectura sustentable

La enseñanza de la arquitectura posee una estructura consolidada durante los últimos siglos

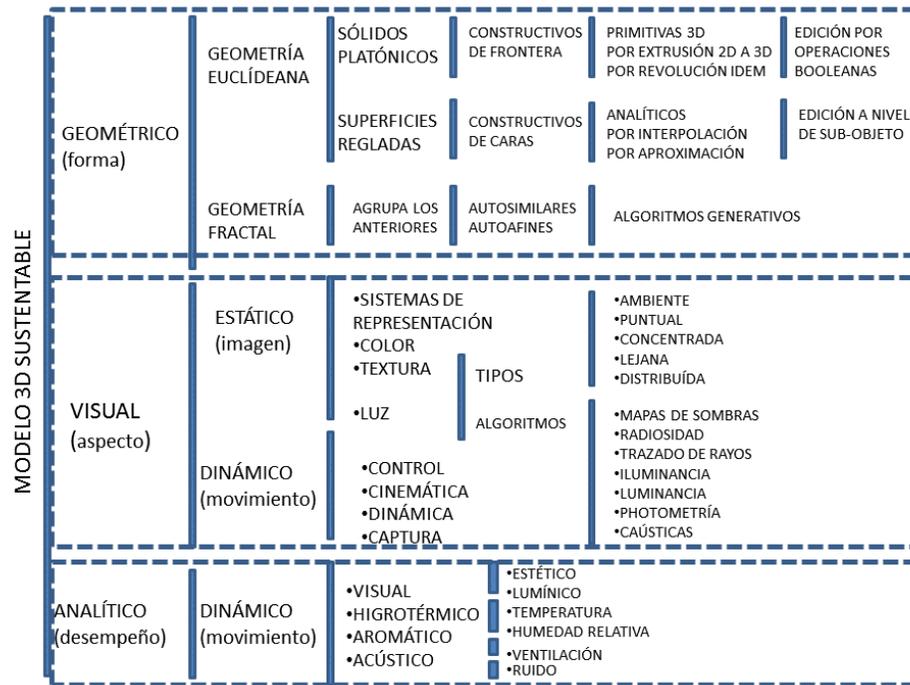


Figura 1: Diagrama de relación general de la modelación constructiva y evaluación energética para el diseño.  
 Figure 1: Diagram of general relationship of building modeling and energy evaluation for design.

en distintas partes del mundo, que contempla una dedicación fundamental a los talleres de diseño, destinados a otorgar progresivamente las capacidades proyectuales esenciales, como también a integrar los conocimientos adquiridos en las distintas asignaturas (Monedero, 2007). Las nuevas tecnologías digitales y los aspectos ambientales se han incorporado hace pocos años a algunas asignaturas técnicas parciales, dictadas por especialistas, y lentamente han sido considerados en la formación de proyectos. Sin embargo, el desarrollo integral y, en particular, los análisis energéticos no son contemplados extensamente en la enseñanza central de diseño arquitectónico (López, 2005). A la vez, la enseñanza de sistemas computacionales se concentra en programas de dibujo, por lo que dichos sistemas se aplican en el taller como soportes gráficos generales de apoyo. Son escasas, por tanto, las asignaturas técnicas que exponen conceptos sostenibles generales y/o algunos ejemplos y métodos de cálculo.

Las consideraciones ambientales para el diseño arquitectónico que conducen a la sostenibilidad futura del entorno, se expresan, en la actualidad, a través de la construcción de edificios que exhiben una reducción considerable del consumo de combustibles para su operación, pero mantienen una situación interior confortable,

mediante diversas modificaciones constructivas, dependientes de su ubicación, ocupación y características, las cuales involucran aspectos propios de la termodinámica y la biología, entre otros campos. De modo que no es una condición específicamente determinada ni claramente formalizada.

Ahora bien, los programas de análisis ambiental permiten calcular el desempeño energético de los edificios de acuerdo a diversos supuestos y detalles particulares, previendo su comportamiento en el tiempo, en base a un modelo geométrico y a definiciones numéricas de su materialidad, equipamiento, ocupación y clima, entre otros aspectos. Entregan como resultados los valores de la situación ambiental interior en distintos periodos, así como la demanda en magnitudes de energía, logrando efectuar gráficos de su oscilación temporal en distintas etapas. Programas como Ecotect, Design Builder, TAS, etc. proveen una capacidad de simulación que requiere conocimientos adecuados de la física de las construcciones y experiencia profesional para plantear alteraciones en los edificios que permitan mejorar sus condiciones ambientales.

El software de diseño ha avanzado en las capacidades de representación gráfica, manejando actualmente modelos tridimensionales con elementos constructivos (BIM) y diversas

formas de visualización vinculadas (planos o perspectivas) cuyas modificaciones generan actualizaciones inmediatas del modelo central. Revit, Archicad o Allplan además permiten un trabajo profesional colaborativo e integral, y se están introduciendo parcialmente en la enseñanza de arquitectura en pos del desarrollo consistente del diseño actual, considerando algunas operaciones de cuantificación e información de los elementos, especialmente en los proyectos profesionales más detallados. Recientemente, el software BIM ha planteado algunas posibilidades de relación con software de simulación energética a través de compartir los modelos con formatos de intercambio IDF, o de la integración de módulos internos de análisis, aunque son parciales y simplificados, pero hasta el momento no se ha encontrado publicada experiencia sustancial de trabajo en conjunción con esta tecnología y su aplicación en el aprendizaje inicial.

Las más consistentes experiencias educativas publicadas son, probablemente, los cursos avanzados de arquitectura de Hamza y Horne (2006) y Thebellin (2008) que abordan la integración de modelación constructiva y análisis energético, y la elaboración combinada de análisis ambientales y diseño de la edificación, que demuestran la capacidad de relacionar el estudio de ambas áreas. Sin embargo, esto ha implicado vastos esfuerzos de entrenamiento previo con software y apoyo técnico de los docentes, así como logros diversos en los estudiantes, que no han sido debidamente caracterizados. En las fases iniciales de aprendizaje de arquitectura se ha efectuado también diversas actividades de concientización ambiental, pero sin registros apropiados ni comprobación de sus incidencias en el diseño. Por esta razón, este trabajo plantea una investigación abocada a la aplicación vinculada de modelación constructiva y análisis energético en la formación temprana de arquitectura.

#### **4. Experimentación de modelos integrados**

Con el fin de identificar características relevantes de las herramientas computacionales de modelación constructiva y simulación energética, aplicadas de manera integrada para el aprendizaje temprano de arquitectura sustentable, se realizó un primer ejercicio exploratorio amplio. Se ofreció a treinta estudiantes de los primeros niveles del currículo de Arquitectura de la Universidad de Buenos Aires, inscritos en un

curso semestral de representación computacional, efectuar una experiencia de diseño de manera voluntaria y adicional, la cual se desarrollaría en grupos de 2 o 3 alumnos, durante seis semanas. El trabajo consistió en un proyecto de reciclaje de una vivienda tradicional de un piso entre medianeras, cuyo objetivo era llevar a cabo una edificación vinculada a la vivencia cotidiana de los estudiantes, según plantean las teorías de aprendizaje significativo, mediante el empleo de programas populares de modelación (Revit, que se revisaba en el curso regular) y Ecotect (que se aprendía independientemente) y a partir del levantamiento, desde la documentación técnica, fotografías y descripción constructiva. El material provisto pretendió facilitar la modelación, ya que inicialmente se planteó realizar una búsqueda propia de casos en la ciudad. A pesar de la disponibilidad y motivación de las primeras semanas, los alumnos finalmente no completaron la propuesta arguyendo desincentivo e incompreensión espacial de la obra, y proponiendo elaborar viviendas internacionales destacadas. Estos resultados revelaron que las barreras de aprendizaje no radican en los temas propuestos, ni el manejo de las herramientas que asumen voluntariamente, sino en la magnitud de trabajo, el contenido específico y la representación particular.

En consecuencia, se efectuó luego, con los mismos alumnos, ejercicios breves de aspectos expresivos, buscando explorar la interpretación de situaciones espaciales que promovieran su interés, en modelos digitales y dibujos manuales. Esto visibilizó su capacidad de identificar y generar perspectivas interiores en obras relevantes, con algunas debilidades en la construcción geométrica, representación material y de iluminación. Tal constatación permitió precisar las condiciones de aprendizaje para focalizar la integración de conocimientos.

Como resultado de las experiencias anteriores, se planteó un ejercicio enfocado específicamente en la resolución espacial, a partir de resultados de análisis ambiental.

Para ello se elaboró anticipadamente la modelación de una vivienda de los suburbios de la ciudad (Figura 2), con la colaboración de alumnos avanzados, y seleccionada por sus méritos espaciales y disponibilidad de información. Se estudió, en particular, un recinto de trabajo doméstico (un escritorio) en una esquina de la vivienda, con ventanas orientadas a un jardín interior. En la simulación ambiental, los



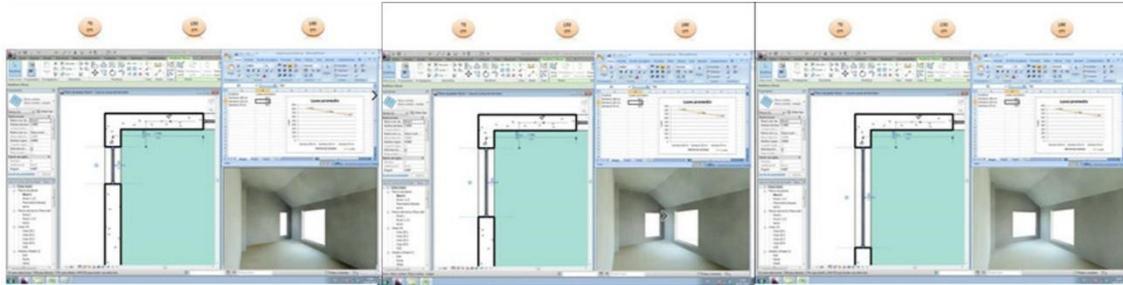
**Figura 2:** Caso de estudio.  
**Figure 2:** Case studied.

estudiantes examinaron los distintos resultados de la iluminación natural, según diferentes dimensiones de la ventana principal (anchos de 70, 130 y 190 cm). La simulación otorgó un mapa bidimensional de valores de luminancia en el plano de trabajo del recinto, reconociendo una magnitud superior al 80% con valores superiores para trabajo delicado (400 lux) como una medida aceptable, lo que incide directamente en consumo energético, ya que valores inferiores exigen iluminación artificial (aunque no se revisaron los consumos involucrados). Por otro lado, las modificaciones de las ventanas, además de afectar la iluminación, influyen en la cantidad de visión horizontal del exterior y eventualmente también en la sensación de privacidad y la calidad de la espacialidad interior. De esta manera, se determinó una acción de diseño que incidía simultáneamente en aspectos cualitativos y requerimientos cuantitativos. Se elaboraron,

presentaciones de tres situaciones alternativas con la representación tridimensional del espacio expuesta en representaciones tradicionales de planta, alzado y una perspectiva exterior, además de la matriz de iluminancia del recinto elaborada en la simulación. Asimismo, se efectuó una presentación simultánea de las tres matrices de iluminancia con una gráfica de área, comparando las dimensiones laterales de los vanos en relación a los resultados medios de luminancia, para expresar la continuidad de variación, que además no progresaba linealmente, sino sugiriendo entonces posibilidades intermedias de diseño.

### 5. Desarrollo de vistas interiores graduadas

Para elaborar la propuesta de integración específica se efectuaron ejercicios reducidos de validación con estudiantes de arquitectura de



**Figura 3:** Prueba inicial. Presentación integrada del modelo constructivo y gráficos de simulación.  
**Figure 3:** Initial test. Integrated presentation of building model and simulation graphs.

niveles intermedios de Argentina, Brasil y Chile, con el fin de revisar distintos contextos culturales y educacionales. Posteriormente se llevó a cabo una verificación con un conjunto amplio de estudiantes y un grupo de docentes del área.

Para las pruebas iniciales se efectuó una presentación consolidada de las tres alternativas más arriba explicadas (Figura 3), mostrando simultáneamente en pantalla una planta detallada de la esquina del recinto y sus ventanas, una perspectiva interior desde un punto opuesto y renderizada según la iluminación correspondiente, y un gráfico de área de los tres valores medios de iluminación natural según las dimensiones, para sugerir la continuidad de modificación.

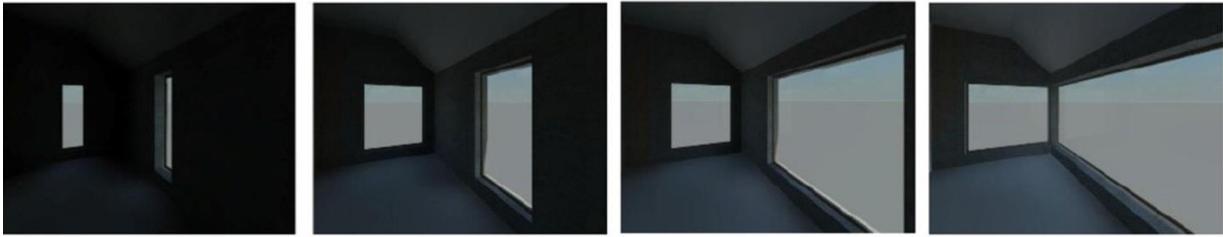
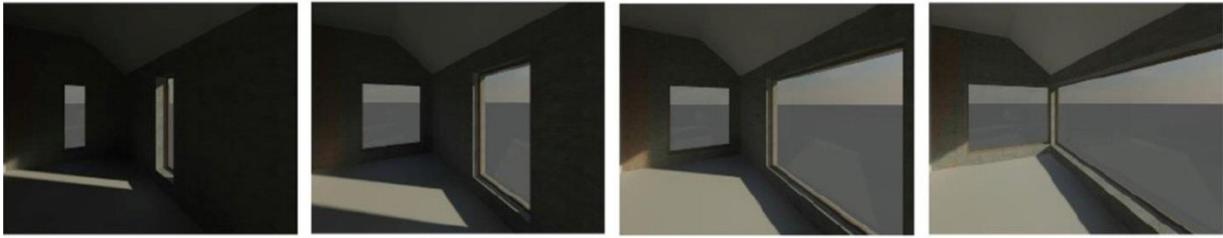
Además, se expuso, en la parte superior de la pantalla, las tres magnitudes de ancho de la ventana, para remarcar las tres alternativas principales expuestas consecutivamente. Las experiencias consistieron en una reunión individual (el investigador y el alumno) de aproximadamente treinta a cuarenta minutos. La sesión comenzó con comentarios del problema de diseño a lo que siguió la presentación en pantalla de computador de las tres alternativas para decidir una opción preferente (sin participación del relator). Luego, se discutió abiertamente los aspectos que condujeron a apoyar la decisión de diseño, actividad moderada por el relator mediante preguntas encadenadas.

En los ejercicios, la participación se mantuvo constante, acorde con los temas del ejercicio, y con una vívida discusión final. Esto expresa interés y motivación por el ejercicio y los métodos utilizados. De igual forma, en todos los casos las conversaciones sostenidas posterior y espontáneamente se orientaron a la discusión de las condiciones de iluminación, consumo de energía, espacialidad y comodidad de las tres alternativas. Ello reveló un dominio de los aspectos planteados en relación a su enseñanza general. Pero hubo escasa mención a la relación

visual o la actividad no se vinculó a valores energéticos, condiciones de equipamiento o ejecución constructiva. En relación a los aspectos de la presentación, incidentes en la revisión de las tres alternativas, se advirtió una preferencia consistente por las vistas interiores.

Por esta razón, en una siguiente fase de trabajo se elaboraron una serie de vistas interiores de presentación más elaborada (en cuanto a iluminación y vista exterior), aunque igualmente sin equipamiento ni detalles, con alternativas más variadas que las desarrolladas al inicio (que fueron presentadas paralelamente para facilitar la comparación) (Figura 4). En la experiencia de prueba se expusieron la serie de vistas junto a las gráficas y planos del recinto, durante sesiones voluntarias de unos veinte minutos (individuales o grupales). Después, se solicitó a los participantes efectuar una decisión de diseño en base a la información provista y un comentario general de la situación. Los alumnos completaron una encuesta linealmente (Figura 5), mientras el docente observaba directamente y posteriormente entrevistaba de manera aleatoria a algunos de ellos. Los resultados obtenidos pusieron en evidencia una representatividad consistente de los estudiantes y una relación variada con los temas y herramientas de trabajo; una vinculación temática, pero no necesariamente dominio técnico. En las conversaciones y comportamiento se reconocía nuevamente una prevalencia por las vistas como elemento fundamental de la decisión y apoyo a la discusión de condiciones de diseño.

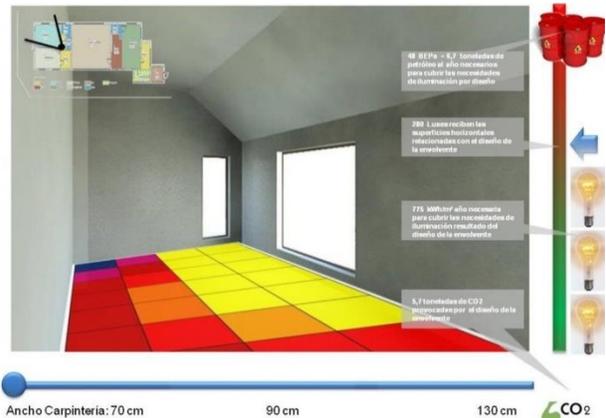
Finalmente, para una validación experta de la estrategia, se expuso la situación del diseño y el material gráfico de las alternativas a un grupo de docentes de arquitectura (de distintas materias), quienes a continuación completaron un cuestionario y realizaron una conversación abierta. En este grupo se revelaron posturas coincidentes y positivas frente a la aproximación



**Figura 4:** Desarrollo inicial de vistas interiores graduadas.  
**Figure 4:** Initial Development of progressive interior views.



**Figura 5:** Ejercicios de prueba con estudiantes de arquitectura.  
**Figure 5:** Test exercises with architecture students.

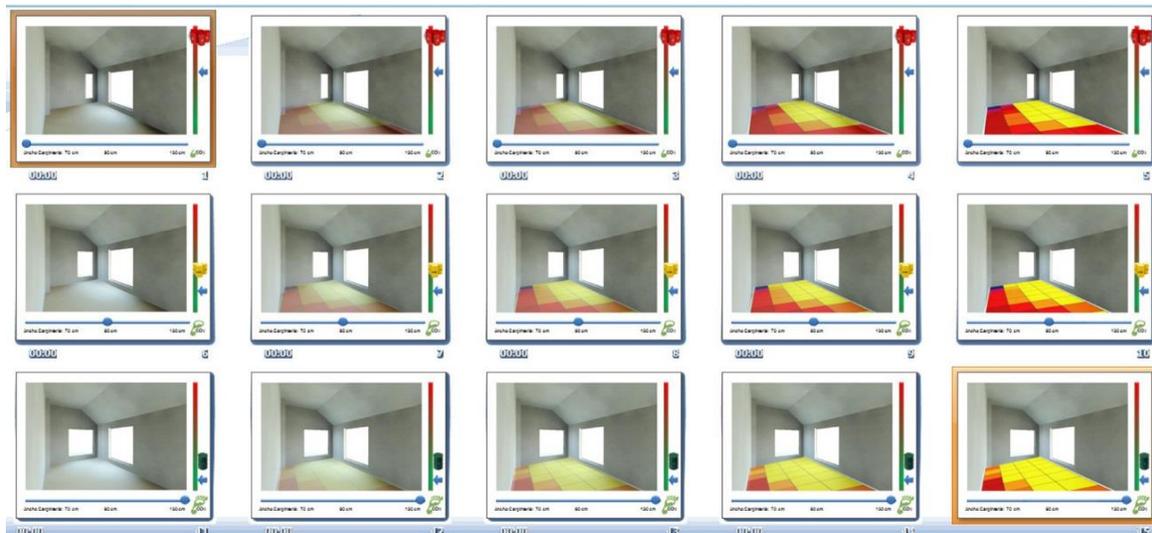


**Figura 6:** Desarrollo final de vistas interiores graduadas.  
**Figure 6:** Final development of progressive interior views.

planteada, aunque más divergentes en un sentido conceptual de diversos factores que conspiran contra el propósito de crear formaciones duraderas. A pesar de ello en general, se valoró aquí más la forma que la imagen y se concordó sustancialmente en la integración de la información y el uso de medios digitales. Esto revela una aceptación general a la estrategia planteada.

La propuesta de integración culminó con la presentación animada de perspectivas graduadas, mediante una exhibición animada sobrepuesta de las vistas alternativas (Figuras 6 y 7), en la que se graficó, a uno de sus lados, la

magnitud media de iluminación en una barra de colores y, abajo, la medida de ancho de la ventana. La idea tuvo como fin exponer una transición continua entre las vistas, sugiriendo además los valores involucrados, así como también la posibilidad de presentar en el piso del recinto la matriz coloreada de valores de iluminación, de modo que pudiera comprenderse la distribución interna. Esta presentación expresa la convergencia visual, reconocida a través de las sucesivas experiencias, que hace posible una comprensión cabal de la relación de procedimientos energéticos con situaciones espaciales, representada en el ejemplo de iluminación de un escritorio.



**Figura 7:** Desarrollo final de vistas interiores graduadas.  
**Figure 7:** Final development of progressive interior views

## 6. Discusión y conclusiones

Esta secuencia de experiencias de aprendizaje demuestra la potencialidad de integración de modelos de información constructiva y análisis energético en la formación temprana de arquitectura. Integración que, en una relación progresiva entre los medios gráficos y el aprendizaje significativo, revela en cada etapa la posibilidad de representar más sintéticamente las condiciones ambientales, y una mayor vinculación, reflexión y motivación, que son características sustanciales del conocimiento perdurable (Ausubel et al, 1983). Esta convergencia se advierte focalizada, con los comentarios y a modo de conclusión, en las entrevistas posteriores a la experiencia, realizadas entre el investigador y el alumno; hacia vistas interiores graduadas, que exponen secuencialmente diferentes alternativas espaciales desde una representación personal interior con una indicación gráfica adicional de su magnitud energética. Estas vistas y sus proyecciones generan, en breves actividades de aprendizaje, una relevante relación de condiciones, como también mayor comprensión de la situación y motivación, según indican alumnos participantes y docentes consultados. Se advierte, de esta manera, un recurso expresivo eficaz para la integración pedagógica inicial de estudios ambientales y variaciones constructivas que promuevan una arquitectura más sustentable.

Las vistas interiores graduadas poseen la capacidad de comunicar simultáneamente información gráfica y escrita, no disponible aún en

las interfaces de los programas de diseño. Además, el tipo de información que se brinda a través de ellas es elaborado y supervisado, y permite ofrecer una síntesis y un enfoque determinado. Pero, por sobre todo, las grandes ventajas que promete la manipulación digital radican en la relación con los conocimientos previos de los estudiantes y su visualización; la asociación con diferentes informaciones gráficas y textuales que permite la integración y la meditación; y, finalmente, la valoración emocional de la experiencia que involucra al alumno al representar un rol protagónico que lo motiva, en términos de placer intelectual.

Sin embargo, esta serie de actividades exhibe, a la vez, una limitación en el manejo de procedimientos técnicos que requieren ser preparados para la experiencia. Es decir, la elaboración de los modelos, el estudio de la situación y definición de alternativas, y su representación se traslada a los docentes o sus asistentes, quienes deben generar una secuencia narrativa breve y visual, antes de proponer al alumno para su interacción. En este sentido, es importante que las actividades pedagógicas enfatizen una presentación general del problema de diseño (y sus proyecciones ambientales), como también definan posibilidades relevantes arquitectónicamente, todo lo cual repercute en la necesidad de una adecuada preparación docente como también de una apropiada cobertura institucional, que se haga cargo de la dedicación e infraestructura requeridas. De modo que se deben considerar reformas curriculares y cierta evolución académica para sostener estas

experiencias de integración, no obstante, creemos haber demostrado que estas acciones didácticas son factibles y sustanciales para el desarrollo de la formación arquitectónica.

En efecto, estas actividades revelan que una vinculación gráfica, que reconoce una relación crucial entre condiciones de configuración y desempeño ambiental, abre nuevas definiciones pedagógicas. Respaldada en las teorías de percepción y la proliferación de medios tecnológicos, y también vinculada con la motivación y el auto-aprendizaje, esta investigación, en definitiva, insinúa pistas relevantes para desarrollar un diseño sustentable integrado.

### Agradecimientos

El presente trabajo ha sido posible gracias a la dedicación y al estímulo del equipo de profesores del Doctorado en Arquitectura y Urbanismo de la Universidad del Bío-Bío. Agradezco además a los ayudantes Gerth Wandersleben y Solange Cuevas y al apoyo del FONDECYT 1120165.

### Referencias bibliográficas

- Aubel, D., Novak, J., y Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Connolly, T., Boyle, E., MacArthur, E., Hainey, T. y Boyle, M. (2012). A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *ScienceDirect*, 59(2), 661-686.
- Esnaola, G. (2006). *Claves Culturales en la construcción del conocimiento. ¿Qué enseñan los videojuegos? (1º ed.)*. Buenos Aires, Argentina: Alfagrama.
- Gibson, J. (1986). *The ecological approach to visual perception*. New Jersey: Laurence Erlbaum Associates, Inc.
- Hamza, D.N., y Horne, M. (Noviembre de 2006). *ScienceDirect.com*. Última consulta: 10/3/2010 Disponible en: [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6V23-4MR1RR1&\\_user=10&\\_coverDate=11%2F30%2F2007&\\_rdoc=1&\\_fmt=high&\\_orig=search&\\_sort=d&\\_docanchor=&view=c&\\_searchStrl](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V23-4MR1RR1&_user=10&_coverDate=11%2F30%2F2007&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrl)
- Lion, C. (2006). *Imaginar con Tecnologías*. Buenos Aires: La Crujía.
- López de Asiain Alberich, M. (2005). *La Formación Medioambiental del Arquitecto. Hacia un programa de docencia basado en la Arquitectura y el Medioambiente*. Tesis Doctoral. Barcelona, España.
- Martínez, R. (2011). *Situating Environmental Design in the Studio-An ecological learning approach*. Tesis Doctoral. Nottingham, Gran Bretaña.
- Monedero MOYA, J. (2007). El diseño de los materiales educativos ante un nuevo reto en la enseñanza universitaria: el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). *Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 21(1), 51-68.
- Thebeling, F. Paper eCAADe Proceedings2008\_094 Última consulta 18/6/2014 Disponible en: [http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?\\_id=ecaade2008\\_094&sort=DEFAULT&search=%2fseries%3a%22eCAADe%22&hits=1856](http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?_id=ecaade2008_094&sort=DEFAULT&search=%2fseries%3a%22eCAADe%22&hits=1856) Documento presentado en la 26ª Conferencia eCAADe Proceedings Antwerpen, Bélgica (17 al 20/09, 2008), pp 477-482 .
- Vaina, L. (2010). *Vision: A Computational Investigation Into The Human Representations and Processing of Visual Information/David Marr*. Cambridge, Massachuset: The MIT Press.

Recibido: 05|05|2014  
Aceptado: 18|05|2014