



**CIFE** CENTER FOR INTEGRATED FACILITY ENGINEERING

**Investigaciones en Tecnologías de Información  
Aplicadas a la Industria A/E/C  
(Arquitectura, Ingeniería y Construcción)**

By

Claudio Mourgues  
Martin Fischer

**CIFE Technical Report #124  
January, 2001**

**STANFORD UNIVERSITY**

**Copyright © 2001 by**  
**Center for Integrated Facility Engineering**

**If you would like to contact the authors, please write to:**

*c/o CIFE, Civil and Environmental Engineering  
Stanford University  
Terman Engineering Center  
Mail Code: 4020  
Stanford, CA 95305-4020*

# **Investigaciones en Tecnologías de Información Aplicadas a la Industria A/E/C (Arquitectura, Ingeniería y Construcción)**

## **Claudio Mourgues**

Profesor del Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción, Escuela de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 306, Correo 22, Santiago, Chile, Fax (562) 686-4806, e-mail: cmourgue@ing.puc.cl

## **Martin Fischer**

Profesor Asociado del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental y (en forma parcial) al Departamento de Ciencia de la Computación, Universidad Stanford, Stanford, CA 94305-4020, Estados Unidos, e-mail: fischer@ce.stanford.edu

## **ABSTRACT**

The CIFE (Center for Integrated Facility Engineering) research on information technologies applied to AEC (Architectural, Engineering and Construction) industry is described on this paper. Specifically the topics analyzed on September 2000 CIFE's Summer Program are presented.

The main topics developed on this seminar were: 4D models and visualization, process and organizational modeling and e-business and collaborative technologies.

Besides, an analysis of these theme implications for the AEC Chilean industry is presented.

## **RESUMEN**

Este artículo describe la investigación que realiza CIFE (Center for Integrated Facility Engineering; Centro de investigación perteneciente a la Escuela de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Stanford), en cuanto a las aplicaciones de las tecnologías de información a la industria A/E/C (Arquitectura, Ingeniería y Construcción). Particularmente este artículo presenta los tópicos analizados durante el seminario desarrollado por CIFE durante Septiembre de 2000.

Los principales temas desarrollados en este seminario fueron: modelos 4D y visualización, modelación de procesos y e-business y tecnologías colaborativas.

Además se presenta un análisis de las implicancias que tiene este tema para la industria AEC chilena.

## **INTRODUCCION**

La industria AEC recién está comenzando a vislumbrar el real impacto que pueden llegar a tener las tecnologías de información sobre su trabajo cotidiano. Conceptos como modelos de productos y procesos, e-bussiness, tecnologías de visualización, etc., aún son vistos como aplicaciones propias de la industria manufacturera, bastante poco aplicables a la realidad de los proyectos civiles. Sin embargo, esta visión está cambiando. Algunas empresas de esta industria como Bechtel y Kvaener, ya explotan las potencialidades de las tecnologías de información más allá del uso como una herramienta de automatización local, sino que como una forma de producir la real integración de las distintas fases de los proyectos civiles. De esta forma la, aún artesanal, industria AEC da un gran paso hacia la

industrialización sin perder la capacidad de entregar soluciones personalizadas a sus clientes.

En este sentido, un centro que lidera la investigación aplicada en este tema es CIFE (Center for Integrated Facility Engineering). El centro de investigación CIFE, en conjunto con sus miembros de la industria AEC, tiene como misión desarrollar y probar metodologías y procesos de trabajo para implementar tecnologías avanzadas de información, además de aumentar el conocimiento de la industria y estudiantes. Sus áreas de investigación se centran principalmente en la modelación de productos y procesos, visualización, colaboración a través de internet, gestión de la cadena de abastecimiento y e-commerce, gestión de infraestructura, gestión de tecnología y educación. Anualmente CIFE lleva a cabo un seminario, principalmente enfocado a la industria, donde expone las investigaciones que está realizando.

A continuación se describirá en forma general las investigaciones expuestas en el seminario desarrollado durante Septiembre de 2000.

## **INVESTIGACIONES EN CIFE**

En el último seminario, CIFE se abocó principalmente a tres grandes temas. Uno de ellos es la modelación 4D y visualización, otro es la modelación de procesos y organizacional y el último se refiere a e-business y las tecnologías colaborativas.

### **Modelación 4D y Visualización**

Un modelo 4D es un modelo CAD tridimensional, cuyos elementos constituyentes están vinculados a un programa de construcción. De esta forma, a medida que un programa avanza se puede ir visualizando en forma virtual la construcción del proyecto. Esto permite detectar tempranamente deficiencias en los programas constructivos de modo de optimizarlos en cuanto a seguridad y productividad. La figura 1 muestra el esquema de un modelo 4D. En la figura se puede ver cómo se integra el programa de un proyecto con el modelo 3D CAD en un simulador del programa, asociando actividades del programa con componentes del modelo 3D. Posteriormente, en el sector bajo del esquema, se visualizan representaciones tridimensionales de las etapas constructivas del programa. Los componentes del modelo CAD van adquiriendo distintos colores dependiendo de la etapa constructiva en que se encuentren. De esta forma un muro puede tener color gris mientras se coloca su enfierradura, color azul al colocar los moldajes, color rojo durante el hormigonado y color verde cuando está completado.

Los principales beneficios del uso de modelos 4D son que mejora la comunicación entre el dueño, los diseñadores y el constructor; reconoce programas de construcción incompletos, identificando componentes del proyecto que no tienen actividades correspondientes en el programa; descubre problemas de secuencias constructivas; anticipa conflictos de espacio-tiempo, mostrando componentes que son construidos en espacios de trabajo reducidos; y muestra problemas de accesibilidad y congestión dentro de la obra durante todo el proyecto. CIFE ha desarrollado modelos 4D para varios proyectos desde 1993, acumulando gran experiencia en la modelación e implementación de estos modelos.

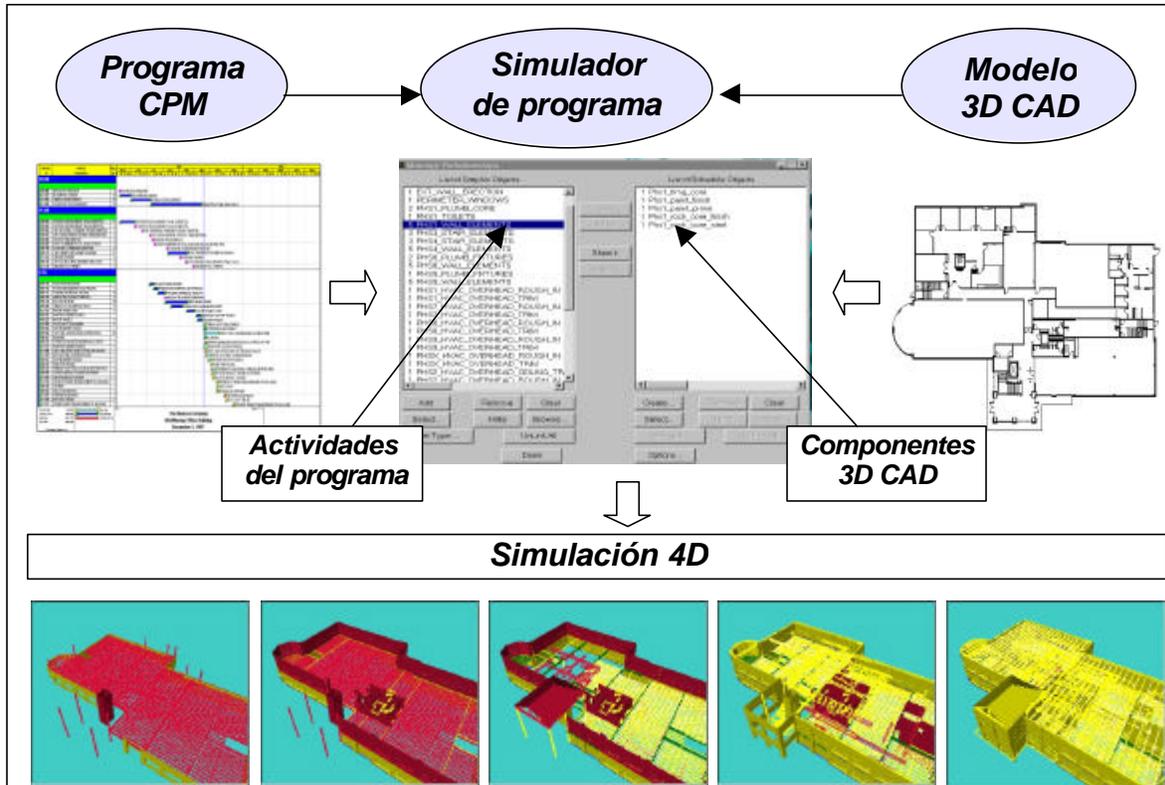


Figura 1. Esquema de un modelo 4D (adaptado de Fischer, 2000)

Dentro del área de modelos 4D, las principales investigaciones que CIFE realiza actualmente son (Fischer et al, 2000; McKinney and Fischer, 1998; McKinney et al, 1996; <http://www.stanford.edu/group/4D/>):

- Modelador de métodos de construcción (CMM): Automatización de las tareas rutinarias de generar y mantener modelos 4D.
- Elaboración conjunta de modelos de productos y procesos.
- Planificador de trabajo 4D: Automatización de la generación de espacios de trabajo y análisis de conflictos espacio-tiempo.

En el área de visualización de información de proyectos, CIFE tiene un proyecto llamado "Espacios de Trabajo Interactivos". El objetivo de esta investigación es mejorar la calidad del tiempo que los equipos de proyecto usan para tomar decisiones. Esto se logra disminuyendo el tiempo gastado en información descriptiva, la cual no agrega valor a los procesos de decisión. Para conseguir este objetivo se explora el uso de espacios de trabajo interactivos, en los cuales los equipos de proyecto puedan interactuar visualmente con la información. Como resultado de este proyecto se ha desarrollado el "iroom" (sala interactiva), que consiste en una habitación con múltiples dispositivos que funcionan en conjunto por medio de una red. A través de estos dispositivos se produce una interacción multimodal (audio / video, tamaño grande / pequeño) que soporta a un usuario o a un grupo de usuarios al mismo tiempo. Las aplicaciones de este tipo de espacios de trabajo

interactivos son diversas: salas de reuniones, salas de clases, oficinas, salones de esparcimiento, etc. Las fotos de la figura 2 muestran algunos de los dispositivos que están incorporados actualmente en el “iroom” de la Universidad Stanford.

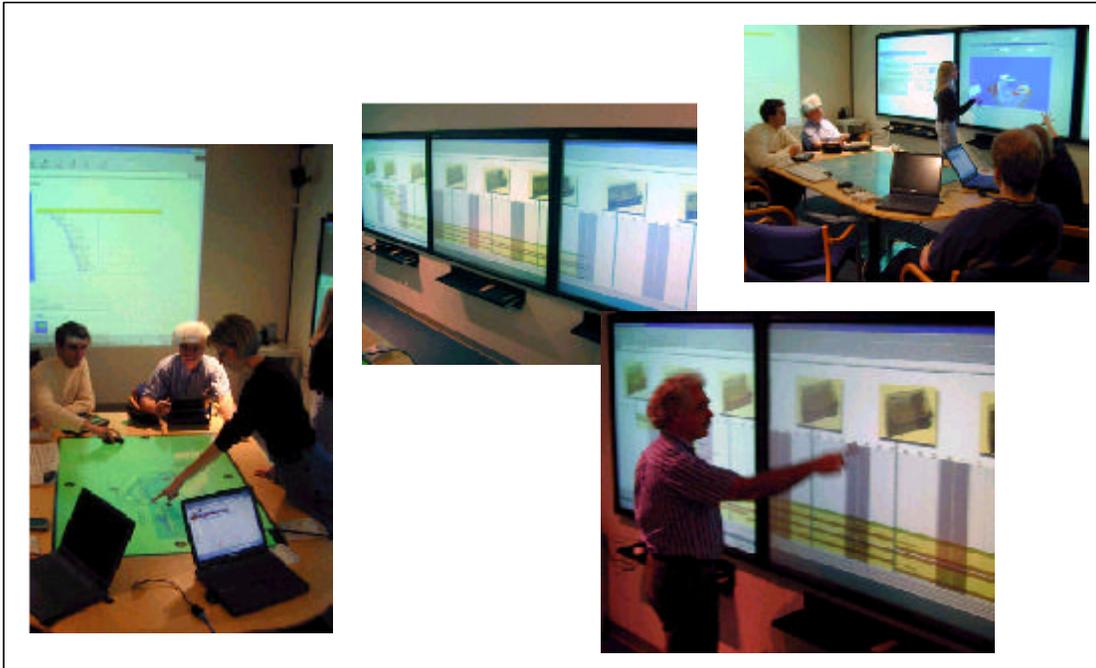


Figura 2. Fotos del “iroom” de la Universidad Stanford

Este tipo de ambiente de trabajo, permite una forma mucho más eficiente de relacionarse con la información. Por ejemplo permite que cualquier persona relacionada con el proyecto, traiga su dispositivo de información (laptop, PDA, etc.) y lo conecte al “iroom” para agregar información a una reunión en curso o para retirar información del sistema. Todos los dispositivos están interconectados, por lo que se puede analizar un elemento o aspecto del proyecto desde varias perspectivas al mismo tiempo tales como visualización tridimensional, programa constructivo, tablas de costos, especificaciones técnicas, etc. (Fox et al, 2000; <http://graphics.stanford.edu/projects/iwork>)

### **Modelación de procesos y organizacional**

El tema de la modelación de procesos y organizacional es abordado por CIFE bajo la perspectiva de los proyectos fast-track. El equipo de diseño virtual (VDT) ha desarrollado una metodología para los proyectos fast-track llamado Vité. Vité es un nuevo enfoque de planificación de proyectos que, además de las tradicionales relaciones de precedencia entre actividades, incluye tiempos por trabajos rehechos, por coordinación, por distracciones varias (e-mail, teléfono, etc) y por esperas. También considera a las personas (con sus respectivas habilidades) que estarán a cargo de cada una de las actividades del proyecto, es decir combina el WBS (work breakdown structure) con el OBS (organization breakdown structure) del proyecto. El uso de esta metodología provee (Levitt, 2000; Jin and Levitt, 1996; Jan et al, 1998; <http://www.stanford.edu/group/CIFE/VDT/>):

- Un lenguaje común para entender y discutir los procesos de trabajo de un proyecto.
- Un enfoque para rediseñar y mejorar esos procesos.
- Una forma para compartir los resultados intuitivamente.
- Una estructura para facilitar el mejoramiento continuo y la disseminación de los “mejores diseños de proyectos”.

La figura 3 muestra la interfaz del software Vité el cual trabaja sobre Visio de Microsoft.

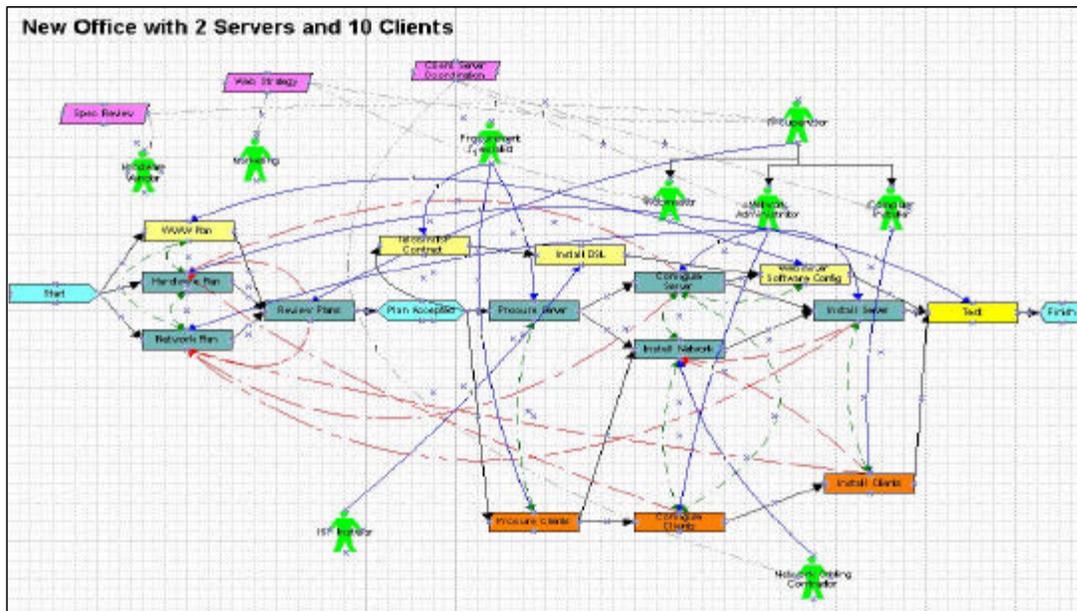


Figura 3. Interfaz del software Vité.

### E-business y tecnologías colaborativas

Esta área de investigación comprende un conjunto de herramientas de integración basadas en redes computacionales. A través de estas herramientas se busca integrar las actividades de los distintos participantes de los proyectos de construcción.

Actualmente CIFE ha ayudado a desarrollar un software llamado “Recall” (Fruchter, 2000), el cual consiste en un medio informal de captura y reutilización de conocimiento. La idea es poder capturar la forma en que una persona o un grupo de personas, explica a otra persona o grupo de personas una idea. Esta explicación se encuentra en un formato enriquecido a través de la interacción de audio, video y diagramas. Luego, la explicación capturada en forma informal (quizás a pie de obra, en una reunión, en un lugar de encuentro extra laboral, etc.) queda disponible a través de la red, para que otros participantes del proyecto puedan tener acceso a ella y, a la vez, quede un testimonio que posteriormente puede ser utilizado con algún fin.

La figura 4 muestra la interfaz de este programa. En esta figura se puede ver un diagrama que a primera vista podría no tener mucho sentido. Sin embargo mediante el software “Recall”, el usuario puede ver y oír al autor del diagrama explicando al mismo tiempo que va dibujando el diagrama. Además se pueden realizar búsquedas interactivas de lo que el autor dijo sobre ciertas partes específicas del diagrama. Esta herramienta facilita la

comprensión del mensaje y deja un testimonio confiable para futuras discusiones sobre el tema.

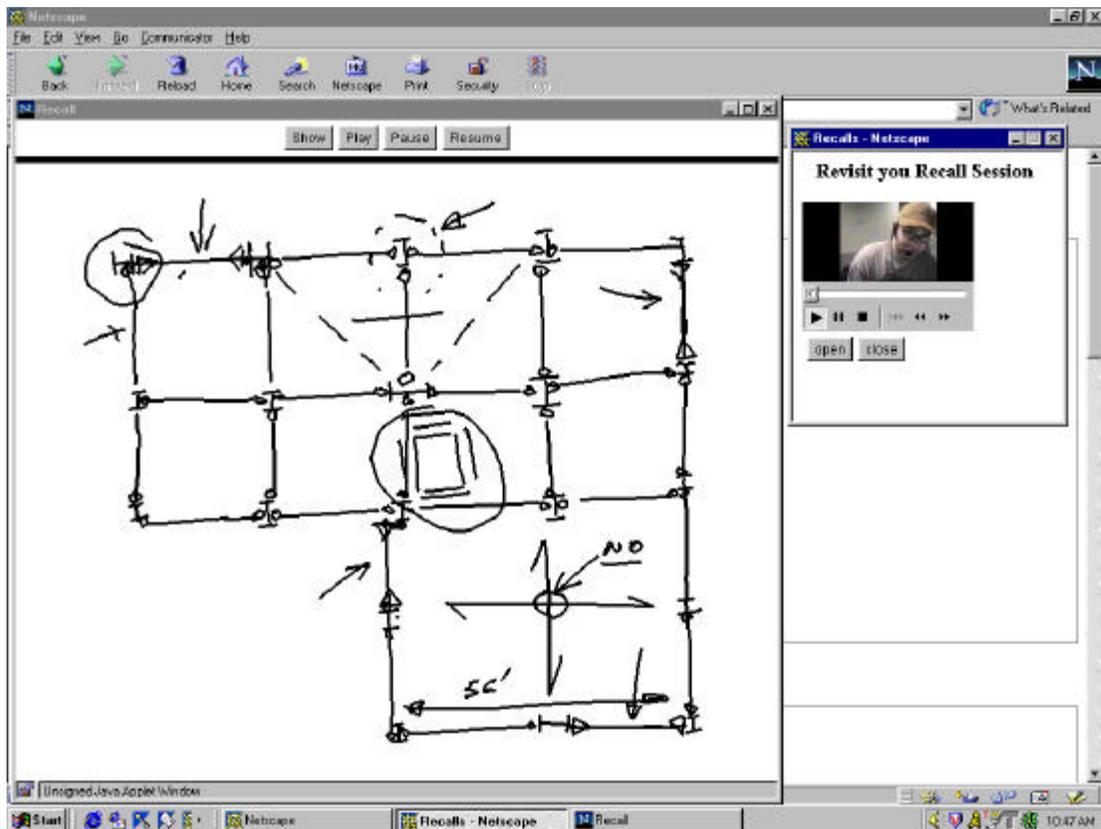


Figura 4. Interfaz del programa “Recall”

## IMPLICANCIAS PARA LA INDUSTRIA AEC CHILENA

La industria AEC chilena no está tan distante tecnológicamente, como se podría pensar, de aplicaciones de este tipo. La mayor cantidad de los elementos de hardware y software necesarios para implementaciones como las mencionadas en este artículo, se encuentran disponibles hoy en día a costos relativamente accesibles para las empresas de la industria AEC de América Latina. De hecho, actualmente la empresa Bechtel está implementando un modelo 4D en la fase IV de la mina La Escondida (Rischmoler et al, 2000), sin embargo aún queda bastante camino que avanzar en cuanto a los cambios culturales y organizacionales necesarios para realizar una implementación efectiva de estas tecnologías. Para lograr que el uso de las tecnologías de información sea exitoso en esta industria, es necesario entre otras cosas que:

- Exista compromiso de los niveles superiores de las empresas.
- Se incorpore a las empresas constructoras desde las etapas tempranas de un proyecto.
- Exista una intención real de trabajar integradamente entre arquitectos, ingenieros y constructores.

- Exista una comprensión del real alcance e importancia de estas tecnologías, no sólo a nivel superior sino que también en un nivel más operativo, de modo de asegurar la continuidad en su uso.

También es importante notar que estas tecnologías no son válidas sólo para proyectos de gran magnitud, en los cuales pueden significar grandes ahorros en tiempo, costos y mejoras en calidad, sino que son aplicables a cualquier tipo y tamaño de proyecto ya que son herramientas escalables (el esfuerzo y costo que implican se ajustan al tamaño y necesidades del proyecto).

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Fischer, M. (2000). "4D Technologies and Application". Documento preparado para seminario "CIFE's Summer Program 2000".
2. Fischer, M., Breit, M., Akinci, B. y Akbas, R. (2000). "4D Research: Needs, Challenges and Potential Benefits". Documento preparado para seminario "CIFE's Summer Program 2000".
3. Fox, A., Johanson, B., Hanrahan, P. and Winograd, T. (2000). "Integrating Information Appliances into an Interactive Workspace". IEEE Computers Graphics & Applications, Vol. 20, N° 3, Mayo/Junio, pág. 54 – 65.
4. Fruchter, R. (2000). "RECALL in Action". Proceedings of the Eighth International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE-VIII), Renate Fruchter, Feniosky Pena-Mora and W.M. Kim Roddis (Eds.), ASCE, Reston, VA, pág. 1012-1020.
5. Jan, T., Levitt, R., Kunz, J. and Nass, C. (1998). "The Virtual Design Team: A Proposed Trajectory of Validation Experiments for Computational Emulation Models of Organizations". CIFE WP 047, Marzo, 33 páginas
6. Jin, Y. and Levitt, R. (1996). "The Virtual Design Team: A Computational Model of Project Organizations". Journal of Computational and Mathematical Organization Theory, Vol. 2, N° 3, Otoño, pág. 171 - 195.
7. Levitt, R. (2000). "The VDT (Virtual Design Team) Approach to Fast-Track Projects". Documento preparado para seminario "CIFE's Summer Program 2000".
8. McKinney, K. and Fischer, M. (1998). "Generating, evaluating and visualizing construction schedules with 4D-CAD tools". Automation in construction, Vol. 7, N° 6, pág. 433 – 447.
9. McKinney, K., Kim, J., Fischer, M. and Howard, C. (1996). "Interactive 4D-CAD." Proceedings of the Third Congress on Computing in Civil Engineering, Jorge Vanegas and Paul Chinowsky (Eds.), ASCE, Anaheim, CA, Junio 17-19, pág. 383-389
10. Rischmoller, L., Fox, R., Williams, M. y Alarcón, L. F. (2000). "Automation and Visualization Tools to Improve Support for Process Integration in the Construction Industry". Conferencia Internacional en Tecnologías de Información en la Construcción 2000 (INCITE 2000), Hong Kong, Enero 17, 18.