

Los impactos de la tecnología digital en la práctica de la arquitectura: casos de Estados Unidos y Japón.

Arq. Alfredo Andia

Director Escuela de Arquitectura
Universidad UNIACC. Chile
Assistant Professor
University of Cincinnati. USA
alfredo.andia@uc.edu

Este artículo estudia el impacto de las tecnologías de la informática en la práctica de la arquitectura en Estados Unidos y Japón.

El trabajo provee un marco teórico para desarrollar estrategias tecnológicas que puedan ser aplicadas en la práctica y educación de la arquitectura. Los conceptos desarrollados en este escrito están basados en un proyecto de investigación que el autor llevó a cabo por cuatro años con el "Center for Environmental Design Research," y el "Urban Construction Laboratory" de la Universidad de California, Berkeley y que fue auspiciado por Taisei Corporation, Japón.

Durante el proyecto de investigación el autor visitó más de 120 sitios que estaban implementando tecnología en la práctica del diseño. Las visitas incluyeron varias universidades; oficinas de arquitectura como la de Frank O. Gehry, Anshen & Allen, Gensler, Mark Mack y otras en los Estados Unidos; empresas de diseño y construcción como las cinco constructoras más grandes de Japón: Taisei, Obayashi, Shimizu, Kajima, y Takenaka; y otros sitios como SONY Design Center en Tokio y Xerox Parc en California.

El argumento.

En este documento se propone la tesis de que la profesión de la arquitectura en estos dos países esta experimentando un proceso de "computerización" bien definido. El artículo dice que la industria de Arquitectura, Ingeniería y Construcción esta experimentando impactos de la informática en tres niveles: 1. Impactos en las habilidades, 2. Impactos en los procesos de trabajos y comunicación. 3. Impactos en la estructura de organizaciones, cambios de estrategia industrial y cultura.

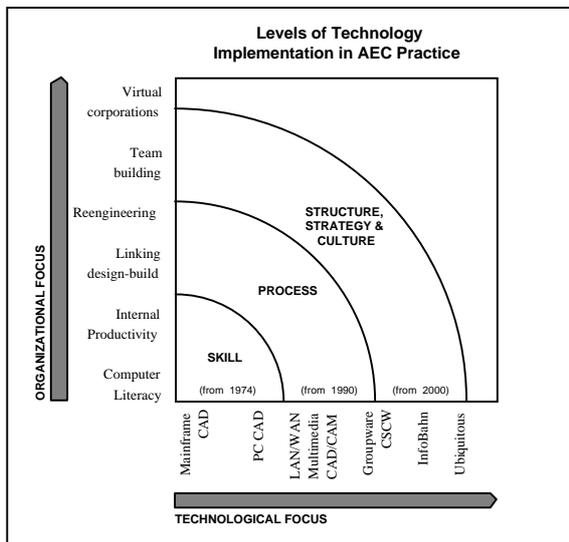


Fig. 1.

Los arquitectos en Estados Unidos y Japón se están adaptando a la tecnología informática en tres etapas. La primera involucra cambios en las habilidades con tecnologías como CAD y procesamiento de texto. Una segunda ola de cambios involucra cambios en los procesos de trabajos a medida de que los distintos participantes empiezan a colaborar usando tecnologías de redes, CAD/CAM, groupware, etc. Una tercera ola de cambios llega cuando las oficinas se dan cuenta de que para obtener altos beneficios en la tecnología significa también hacer grandes cambios en las estructuras y culturas de las organizaciones e industrias. Fuente: Andia, A., 1994, 1998.

En una primera instancia las firmas de arquitectura usaron computadoras solo para automatizar habilidades básicas como dibujo y texto. A pesar de que la mayoría de los arquitectos profesionales en los países desarrollados han computarizado las labores de dibujo y texto, este documento argumenta de que los beneficios de la tecnología digital en este nivel son limitados y los impactos en la profesión son mínimos. Las computadoras en esta etapa solo ayudan a desarrollar más eficientemente la documentación de un proyecto, pero no cambia el modo de trabajo significativamente, y los edificios no resultan más baratos. Mas aun nuestros estudios delatan que los grandes costos de tecnología como P.C. hardware y CAD afectaron significativamente los gastos fijos de las oficinas entrevistadas. Así estos gastos prácticamente anularon cualquier beneficio que esta tecnología trajo a la profesión.

Este estudio señala que se pueden alcanzar beneficios muchos más grandes en la arquitectura si es que las oficinas intentan combinar sus proyectos de automatización con nuevos procesos de trabajos. Este es el segundo tema que se esta empezando a desarrollar en las oficinas de arquitectura de hoy en los Estados Unidos. La idea en grandes términos se refiere a tratar de usar las computadoras para que grupos de arquitecto, ingenieros y constructores puedan colaborar en las primeras etapas de un proyecto y llegar así más rápidamente a un mejor producto.

Finalmente este artículo señala que los dos grandes temas de automatización presentados previamente pueden promover cambios de alto nivel en la manera en las organizaciones, estrategias, estructuras y cultura de la industria de Arquitectura, Ingeniería, y Construcción.

Impactos de la informática en las habilidades.

Las grandes firmas de Arquitectura e Ingeniería en los Estados Unidos y Japón empezaron a usar computadoras en los setenta y ochenta. Durante este periodo estas grandes firmas se caracterizaban por comprar grandes sistemas cerrados de hardware y software que prometían soluciones totales a todos los problemas informáticos de una firma. En general estas firmas pensaban que la inversión en computadoras era

una inversión de un golpe que permitiría acceder a una tecnología que duraría por décadas. En general estas firmas hicieron grandes inversiones iniciales en sistemas informáticos que usaban tecnología mainframe que hacía que el valor por estación CAD costase entre \$50,000 a \$200,000 dólares por asiento. Esta tecnología no tuvo grandes impactos en la difusión de la tecnología entre los arquitectos por que generalmente los sistemas de CAD en mainframe no eran usados por estos profesionales si no por grupos de programadores e ingenieros pertenecientes que manejaban estos sistemas.

A medida que las "computadoras personales" y software comercial entra en los mercados Americanos y Japoneses después de la mitad de los ochenta, estos grandes sistemas de CAD en mainframes quedan obsoletos. En una primera instancia las grandes firmas que habían invertido en sistemas mainframes resistieron la introducción de los computadoras personales, pero a la larga se vieron obligadas a emigrar a esta nueva plataforma. En este periodo de transición generalmente se encuentran grandes luchas organizacionales entre los expertos que administraban y usaban los mainframes y los profesionales que quieren usar los computadoras personales que ya eran mas fáciles de usar.

Muchas de las firmas en estos años de transición entre CAD en mainframe y CAD en computadoras personales empezaron a contratar operadores de CAD en PC. Pronto estas mismas firmas se empezaron a dar cuenta en las redundancias de este proceso por que arquitectos tenían que desarrollar los proyectos a mano y luego los mismos operadores tenían que transferir esa información nuevamente en los ordenadores. A medida que clientes a principio de los 90 empezaban requerir la entrega de proyectos en estado digital las firmas Americanas se vieron presionadas a forzar a que los mismos arquitectos desarrollen los planos usando CAD. Es precisamente en la primera parte de los 90 en que una gran mayoría de las firmas en los Estados Unidos empieza a tener altos niveles de uso del CAD.

Lo que encontramos en nuestro estudio es que los motivos por los cuales muchas de estas firmas fueron exitosas en implementar tecnología CAD en este periodo esta ligada mas que nada a una serie de comportamientos organizacionales adecuados (Adisson, Andia, Bender and Beck,

1993). Entre estos comportamientos claves se encuentran:

- Apoyo y visión clara de la administración: apoyo por parte de los jefes de las oficinas con respecto a crear incentivos para el uso de la tecnología y un presupuesto claro de inversión en computación a través de varios años.

- Un sistema claro de difusión de tecnología: generalmente las firmas contratan un director CAD que administra la tecnología y que entrena en casa al resto del personal.

- Un desarrollo de un sistema integrado e híbrido: las firmas que son exitosas generalmente han ido rápidamente a integrar sus sistemas computacionales usando distintas plataformas y software.

En 1995 ya el 90% firmas de las firmas de arquitectura los Estados Unidos tienen computadoras y mas del 75% usa CAD y muchas de ellas reportan beneficios en la producción de la documentación de proyectos (como dibujo, especificaciones, reportes, etc.). A pesar de estos porcentajes y sus beneficios, CAD en PC a solo impactado en la manera en que producimos documentación en arquitectura, mas aun el único cambio que encontramos en las oficinas que han implementado CAD es que las computadoras se han puesto sobre los antiguos tablero de dibujo. Los planos hechos en computadoras se parecen y contienen la misma información que tenían los planos hechos a mano. Nuestro estudio demostró de que a pesar de la ayuda de la tecnología CAD en desarrollar documentación ella no ofrece eficacias significativas en las compañías que las usan, ni menos en todo el proceso de diseño y construcción de edificios. En resumidas cuentas lo que argumentamos es que en la primera mitad de los 90 la tecnología de CAD en PC solo a impactado en las habilidades manuales de los arquitectos, es decir lo que ha permitido es que se pueda hacer de manera digital lo que antiguamente se hacia a mano, pero en si el proceso y la forma en que se hacen las cosas en una oficina de arquitectura a cambiado muy poco como consecuencia de las computadoras.

Impactos de la informática en los procesos de diseño y construcción.

Las firmas de arquitectura ha mediados de los 90 están descubriendo de que ha pesar de que

operaciones independientes como producción de dibujo se han echo mas eficientes con tecnología CAD, todo el proceso de diseño y construcción no ha experimentado beneficios. A medida de que los arquitectos empiecen a integrar sistemas de computación con otros participantes del proceso de diseño y construcción usando tecnologías como redes y el internet ellas empiezan a experimentar un segundo nivel de impacto de la computación: las computadoras empiezan a afectar los procesos de comunicación entre los participante. En esta etapa inicialmente arquitectos, ingenieros y constructores empiezan a encontrar beneficios al compartir la información de los proyectos en los cuales participan.

La firma de Frank Gehry y Asociados en Santa Monica, California, es una de las firmas que visitamos en nuestro estudio, y es quizás una de las primeras oficinas que sirve de ejemplo de como las computadoras ayudan a cambiar los procesos de trabajo. La oficina de Gehry es una de las oficinas de arquitectura mas conocidas y controversiales en el mundo por sus diseños de formas esculturales. Estos diseños eran muy difíciles de describir con técnicas de dibujo tradicionales. La oficina de Frank Gehry "re-diseño" los procesos a través de los cuales desarrollaba esta documentación al implementar un sistema de computación en su oficina en 1992. La oficina de Gehry implemento un sistema de computación que combina un digitalizador óptico y mecánico a través del cual se digitalizan en 3D las grandes maquetas hechas a mano por Frank Gehry.



Fig. 2. Imagen de una de las maquetas del museo de Bilbao en la oficina de Gehry.

Una vez que la maqueta de cartón esta digitalizada, esta es traspasada un sistema de CAD/CAM llamado "Catia." "Catia" es un software de control numérico que se usa en la industria aerospacial y que tiene la capacidad de determinar y especificar superficies curvas en una serie de fórmulas numéricas que luego se pueden usar para ser aplicadas automáticamente por maquinas fabricadoras para cortar, soldar, doblar automáticamente piezas en metal, piedra, vidrio u otros materiales. Uno de los primeros ejemplos en este nuevo proceso en la oficina de Gehry estuvo el desarrollo del Disney Concert Hall a principios de los 1990.

El Disney Concert Hall es un edificio de 200,000 pie cuadrados que incluye un exterior con murallas de piedra curvas. En vez de usar documentación de dibujo tradicional, la oficina de Gehry escaneo en 3D la maqueta de carton. Una vez que el modelo estaba en la computadora los arquitectos fueron capaces de generar los dibujos de fabricación (shop drawing) de cada una de las piedras que componían las murallas usando "Catia." En este proyecto la oficina de Gehry aprendió que "Catia" ofrecía un gran numero de nuevas posibilidades como el envío de información directamente a contratistas y fabricantes para que cada piedra se corte automáticamente—uniendo el diseñadores y fabricación de partes directamente.

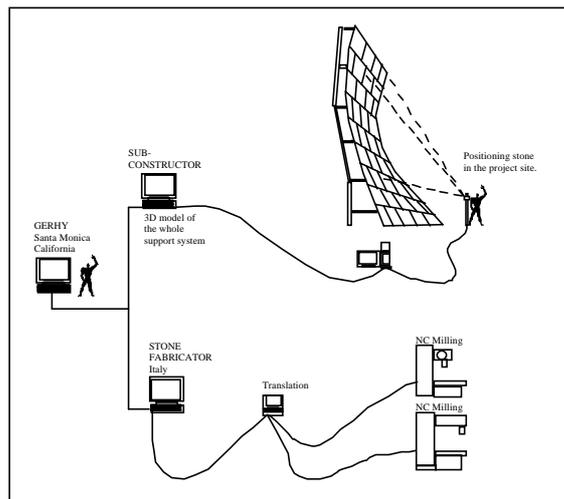


Fig. 3. Dibujo esquemático de las conexiones digitales entre arquitectos, ingeniero, fabricantes, sub-contratistas y sitio de construcción en la oficina de Frank O. Gehry.

La oficina de Gehry presento una maqueta uno a uno de una muralla de piedra del Disney Concert Hall en la Bienal de Venecia en 1991. Con el sistema "Catia" los arquitectos fueron capaces de producir el diseño en una semana, algo que seria imposible a través de técnicas de dibujo tradicional. La muralla se construyo con un constructor en Italia mas rápido de lo presupuestado y con tolerancias de 1 milímetro.

Después de varios años de experimentación la oficina de Gehry ahora usa computadoras para unir a arquitecto mas cercanamente a todo el proceso de fabricación y construcción. Ellos están empezando a unir maquinas de moler y cortadoras para fabricar piezas de metal y de piedra directamente de los modelos digitales generado por los arquitectos. Esta oficina ya esta requiriendo a ingenieros, fabricantes, sub-contratistas y otros consultores en el proceso de diseño y construcción a que usen software a través del cual puedan compartir la información digital de los proyectos.

Taller de diseño virtual unidos a través de computadoras alrededor del mundo son un fenómeno reciente, pero uno que se esta difundiendo rápidamente en organizaciones en distinta industrias. Procesos de diseño y manufactura en compañías como Texas Instrument, Timex, Whirlpool y Boeing se han beneficiado con estos sistemas. Estas compañías han reconocido que los beneficios de la computación no en la automatización de trabajos existentes pero en el mejoramiento de los procesos en los cuales las organizaciones se introducen para realizar sus trabajos.

Pero a pesar de que la tecnología de la informática cada día mas ayuda a que los distintos participantes - clientes, arquitectos, ingenieros, contratistas, fabricantes y otros consultores - puedan comunicarse y revisar constantemente un proyecto en tiempo real, uno de los grandes problemas de este paradigma es que estos nuevos procesos sobrepasan mucho de las responsabilidades legales, organizacionales, y culturales de los participantes. A medida de que las firmas de arquitectura apoyados por las nuevas tecnologías de comunicación digital continúen preguntándose por mas eficacias en los procesos de diseño y construcción estas inevitablemente se encontraran con preguntas acerca de la estructura y cultura de las organizaciones - el

tercer nivel de impacto de la tecnología digital en la arquitectura.

Impactos de la informática en la estructura, estrategia y cultura de las organizaciones.

A medida de que oficinas de arquitectura continúen usando la tecnología informática para re-diseñar sus procesos de trabajo, estas empezaran a caer en la cuenta de que esto no se podrá conseguir sin cambiar significativamente la estructura y cultura de las organizaciones e industrias en las cuales ellas operan. Nuestra investigación intento encontrar ejemplos de oficinas de arquitectura que estaban cambiando significativamente las estructuras y cultura de sus organizaciones a consecuencia de esfuerzos de re-ingeniería de sus procesos de trabajo. Sin embargo no nos fue posible estudiar este fenómeno por que la mayoría de las firmas de arquitectura en estos dos país están recién empezando a pensar en los impactos de la tecnología en los procesos.

En industrias como la manufacturera que tienen una historia de "computerización" mas madura ya se empiezan a observar impactos de la tecnología a este nivel. La integración de redes y tecnología de informática para apoyar la colaboración a distancia de distintos integrantes en el diseño del avión 777 en la compañía Boeing Co. ilustra los impactos de la tecnología en organizaciones en este tercer nivel.

Boeing construyo su nuevo aeroplano 777 completamente modelado dentro de computadoras antes de manufacturarlo. La idea de desarrollar un proceso de diseño y construcción dentro de un computador fue fundamentado por el concepto de que a través de la computadora los distintos ingenieros alrededor del mundo podrían colaborar mas intensamente en este nuevo medio electrónico.

Con este objetivo Boeing unió 1,400 computadoras con 4 grandes mainframes desde el cual un total de 1,700 ingenieros, hacedores de partes, sub-contratistas y administradores de todo el mundo se conectaban para diseñar el aeroplano comercial mas avanza en la historia. La idea de conectar a todos esto profesionales a través de las computadoras tenia sentido, los miembros del proyecto se podrían comunicar mas rápido lo que significaría que los errores de diseño se podrían

detectar mas tempranamente reduciendo así el tiempo y mejorando la calidad del proceso de diseño del avión. Sin embargo luego de que la Boeing instalo esta red de computadoras las personas se resistían a usar el sistema como se había previsto. La primera vez que los profesionales usaron el sistema estos se negaban a entregar sus partes hasta las fechas de entrega. Nadie quería ser criticado antes de tiempo, todo el mundo esperaba hasta el ultimo minuto.

La administración de Boeing Co. fue a los puestos de trabajo de los ingenieros y pusieron carteles en frente de las computadoras en el cual exhortaban a los trabajadores a que usaran las computadoras para entregar sus partes tempranamente y continuamente durante el proceso de diseño. Esto tampoco resulto. Entonces la administración de Boeing Co. se empezó a dar cuenta de que la organización y la cultura de la compañía no estaba preparada para esta nueva manera de trabajar que ofrecían las redes. Hasta ese entonces Boeing tenia un procesos de diseño a manufactura muy lineal. Los dibujos que detallaban los diseños de los aviones generalmente se movían linealmente de diseño a planeamiento, de allí a los ingenieros de fabricación y manufactura, cada vez que habían cambios estos volvían a los ingenieros de diseño. En promedio cada dibujo técnico era cambiado 4.5 veces en este proceso. La organización y la cultura de la compañía reflejaba este proceso. La Boeing Co.

estaba dividida alrededor de distintas divisiones que a través de la cual se movía el proceso de diseño y manufactura. El solo echo de entregar computadoras y una red de alta velocidad y pensar de esto iba a ayudar a los profesionales de la noche a mañana a comunicarse y colaborar era poco realista. Los profesionales tenían aun que aprender como se podía colaborar. Esto significo grandes cambios en la estructura de la organización y la cultura dentro de la compañía de Boeing Co.

Para hacer que los profesionales de Boeing aprendieran a colaborar ellos tenían que aprender a hacer productos en grupos y a ser premiados también en grupos. Boeing empezó a cambiar su estructura funcional y se empezó a organizar alrededor de grupos interdisciplinarios de 15 a 16 personas. Como resultado de la introducción de computadoras en red para mejorar el proceso de diseño y construcción, la Boeing termino con una organización muy distinta a la anterior.

También la compañía empezó a hablar mas y mas acerca de aspectos de comportamiento organizacional y cultural como es el del mejoramiento de la manera de que las personas y grupos colaboran en el trabajo. Todo esto resulto en que la compañía redujera el tiempo de diseño y de construcción del 777 en un 50 %. Mas que software y hardware fue este proceso de cambio organizacional y cultural lo que permitió que Boeing entrara en esta nueva era de diseño y construcción en el medio digital.

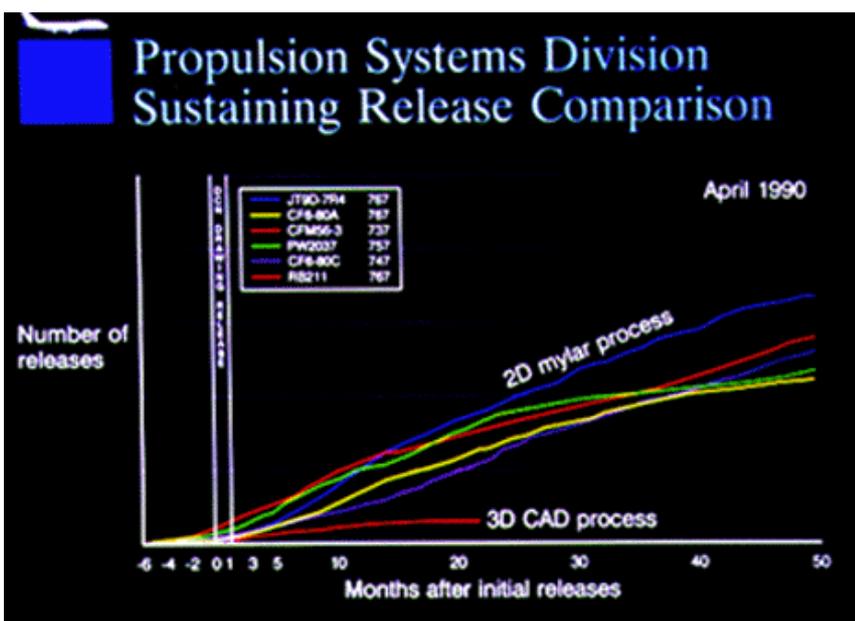


Fig. 4.
La figura compara el número de dibujos entregados con el proceso de 2D hecho a mano (en mylar) y el proceso de dibujo digital (CAD).

Fuente:
(<http://pawm.berkeley.edu/~shad/b777/index.html>).

Conclusiones.

En el estudio visitamos mas de 140 firmas de arquitectura, ingeniería y construcción en Estados Unidos y Japón. Nuestras observaciones indican de que nosotros estamos en un proceso en evolución constante. Un proceso en el cual la profesión de arquitectura y la sociedad en general se esta adaptando en distintos niveles a una tecnología que cambia rápidamente. Lo que pensamos es que la practica de la arquitectura en estos dos países esta experimentando en grandes términos tres tipos de impactos.

La primera ola de impactos de la tecnología informática compromete solo un cambio en las habilidad en como los arquitectos trabajan manualmente. Yo llamo este periodo una era de cambios en las habilidades. Aquí tecnologías como CAD impactan solo las habilidades manuales como dibujar o producir documentación de los proyectos. A pesar de que estos cambios tienen impactos beneficiosos en la producción de documentación ellos raramente impactan significativamente la eficiencia de todo el proceso de diseño y construcción.

Nuevos desarrollos en tecnologías de redes, multimedia y telecomunicaciones ayudan a que las oficinas de arquitectura empiezan a pensar en otra generación de beneficios. Yo llamo en este articulo este periodo una era de cambios en los procesos por que estas tecnologías promueven mas comunicación y colaboración entre los distintos integrantes de los procesos de diseño y construcción. Oficina como la de Frank Gehry están empezando a investigar esta segunda ola de beneficios de la tecnología.

A medida de que las compañías empiezan a pensar en mejor procesos usando tecnología informatica una tercera dimensión del impacto de las computadoras emerge. Como ilustra el caso de la Boeing Co., el poder creciente de la tecnología de colaboración digital junto a los intentos de re-diseñar procesos revolucionara las estructuras y culturas de organizaciones. Estos cambios junto con las nuevas realidades comerciales y políticas nos sugieren que desafiaran a la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción en el futuro cercano.

Bibliografía

Alfredo Andia. *Managing Information Technology in Architectural Practice: The Role of Computers in the Culture of Design.* (Berkeley, CA: Ph. D. Dissertation at the University of California, Berkeley, 1998).

Alfredo Andia. "The Impacts of CAD Technology in Large and Small Firms: Comparing American and Japanese Markets." Presented at SIGGRAPH '94, Orlando, June 1994. *ACM Siggraph Proceedings.* (ACM Press, 1994).

Alfredo Andia. "The Impacts of Information Technology in Architectural Practice." *Proceedings of the 82nd ACSA Annual Meeting.* (Washington,DC: ACSA Press, 1994).

Beatty, C. "Implementing Advanced Manufacturing Technologies: Rules of the Road." *Sloan Management Review.* (Summer 1992): 49-59.

Davenport, T, H., *Process Innovation : Reengineering Work Through Information Technology.* (Boston, MA: Harvard Business School Press, 1993).

Dunlop, Charles, and Kling Rob. *Computerization and Controversy.* (Boston, MA: Academic Press, Inc., 1991).

Kling, Rob. "Reply to Woolgar and Grint: A Preview." *Science, Technology, & Human Values.* (Summer 1991): 380.

Kling, Rob. "Computerization and Social Transformation." *Science, Technology and Human Values.* (Summer 1991): 342-346.

Liker, J., Fleischer, M., and Arnsdorf, D., "Fulfilling the Promises of CAD." *Sloan Management Review.* (Summer 1990): 74-85.

Mahoney, Diana Phillips. "Avant-garde architects look to CAD." *Computer Graphics World .* (March, 1994).

Moeller, Mike. "Boeing goes on-line with 777 design." *Computer-aided Engineering.* (August 1994): 26-29.

Novitski, B. J., "Gehry Forges New Computer Links", *Architecture.* (August 1992): 105-110.

Winograd, T. and Flores, F., *Understanding Computers and Cognition : A New Foundation for Design..* (Norwood, N.J.: Ablex Pub. Corp., 1986).