

## Metodología interdisciplinaria para diseñar nuevas arquitecturas de representación de datos

Copyright © 2003 de los autores. Todos los derechos reservados. Patente Pendiente

Julio Bermudez, Stefano Foresti Jim Agutter, Dwayne Westenskow, Noah Syroid, Frank Drews, Elizabeth Tashjian, Verl Adams

University of Utah's College of Architecture & Planning, Center for High Performing Computing, School of Medicine, Department of Psychology, and School of Business, USA

[bermudez@arch.utah.edu](mailto:bermudez@arch.utah.edu), [stefano.foresti@utah.edu](mailto:stefano.foresti@utah.edu), [agutterja@arch.utah.edu](mailto:agutterja@arch.utah.edu), [dwayne@remi.med.utah.edu](mailto:dwayne@remi.med.utah.edu),  
[noahs@abl.med.utah.edu](mailto:noahs@abl.med.utah.edu), [drews@csbs.utah.edu](mailto:drews@csbs.utah.edu), [finet@business.utah.edu](mailto:finet@business.utah.edu)

**Data representation architecture** can be defined as the organizational, functional, experiential, formal, and media-technological order defining the interaction between data, representation, and user. This paper presents an interdisciplinary methodology to develop such architectures in order to significantly improve real time decision making in complex data environments. We have reported in some aspects of this work elsewhere. In this occasion, we will describe our working methodology based on *complete interdisciplinarity*, the *design process* and *evaluation protocols*. We will show work done for Finance and Network Monitoring. Our long-term goal is to design a new generation of data representation architectures that is applicable to diverse fields.

Data representation; visualization; design, architecture, interdisciplinary

### Intención

Definimos la **arquitectura de representación de datos** como el orden funcional, experiencial, mediático, tecnológico, y formal que define la interacción entre datos, representación y usuario. En esta ponencia presentamos una metodología interdisciplinaria para crear tales arquitecturas con el objetivo de mejorar significativamente la toma de decisiones en ambientes informáticos abstractos en tiempo real. Ciertos aspectos de este trabajo han sido reportados en ponencias publicadas en otros congresos (Agutter et al 2001, Bermudez et al 2001 y 2002, Drews et al 2002, Syroid et al 2001). En esta ocasión, describiremos nuestra metodología y mostraremos ejemplos de nuestros esfuerzos en el campo financiero y en el de monitoreo de redes electrónicas. Nuestro objetivo es el diseño de una nueva arquitectura de representación de datos que sea aplicable en múltiples áreas operativas.

### Toma de decisión con datos multidimensionales en tiempo real

Los métodos actuales para presentar datos abstractos en tiempo real (ej., ritmo cardíaco, precio de una acción bursatil, volumen de tráfico de red) son diagramas de ondas, pie charts, íconos, matrices, árboles, ploteados, etc. Estos métodos tienen serias limitaciones cuando deben usarse para representar una gran cantidad de datos, a la vez que ignoran la interrelación existente entre ellos. Además, requieren un alto grado de participación del usuario quien debe filtrar e integrar múltiples pantallas repletas de información poco procesada y usando visualizaciones no-intuitivas. El resultado es una sobrecarga cognitiva de información en vez de discernimiento y poder de decisión. En otras palabras, se necesitan sistemas nuevos de representación informática que aumenten la habilidad humana para interactuar con gran cantidad de datos de tal forma que permitan: tomar decisiones más precisas, disminuir el tiempo de respuesta, reducir la fatiga cognitiva, reducir el tiempo de entrenamiento para aprenderlos.

## Proceso de diseño y la arquitectura de representación de datos

Nuestro equipo de investigación ha descubierto que aquellas herramientas de toma de decisión que son eficientes, especialmente si son usadas por una amplia variedad de usuarios, son más exitosas si son desarrolladas mediante un proceso de diseño que incluya comprensión y congruencia. En otras palabras, para ser efectiva, una arquitectura informática debe satisfacer equilibradamente: el principio de **congruencia**: la representación internas de datos usada por el usuario (modelo mental) necesita ser consistente con las representaciones utilizadas y el principio de **comprensión**: las representaciones necesitan ser intuitivamente comprendidas. (Tversky et al)

Por otro lado, nuestro sistema de trabajo utiliza el proceso de diseño como método fundamental. El proceso de diseño es un procedimiento experimental sistemático para avanzar, desarrollar, testear,

seleccionar y comunicar hipótesis. Este tipo de investigación es la metodología de trabajo normal en la arquitectura y sus resultados producen tipos de conocimientos que pueden ser considerados básicos y aplicados. La validez de este tipo de metodología ha sido ampliamente demostrado. Investigaciones en la solución de problemas complejos, el proceso de aprendizaje, y la comunicación señalan al taller de arquitectura y al proceso de diseño como laboratorios y metodologías de trabajo exitosas para abordar problemas abiertos, borrosos y de variables múltiples (Lawson 1980, Rowe 1987, Schön 1983).

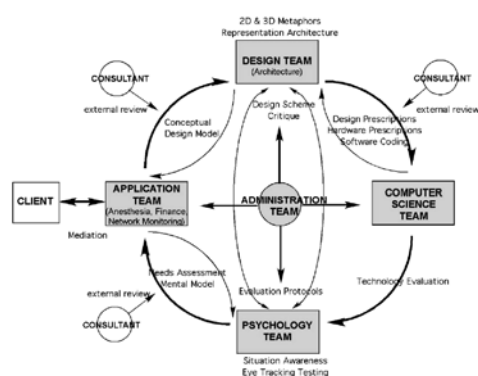


Figura 1: Nuestra Metodología de Diseño Interdisciplinaria

Dado el tamaño y experticia de nuestro grupo interdisciplinario de investigación CROMDI (Center for the Representation of Multidimensional Information), la lógica de las fases del proceso de diseño y la naturaleza del problema, dividimos nuestro grupo en varios equipos, cada uno enfocado al problema desde su área de especialidad pero en colaboración directa con los otros equipos de acuerdo a las necesidades del proyecto. El Equipo de Diseño establece el ritmo y cronograma general y con quien interactúan todos los otros equipos a diferentes tiempos siguiendo una modalidad similar a la del taller de diseño tradicional.

A continuación describiremos los equipos de trabajo que utilizamos y sus tareas en el contexto del proceso de diseño:

- (1) El **Cliente** es la institución o compañía real que requiere o apoya el desarrollo de una nueva solución a un problema particular de representación informática.
- (2) El **Equipo de Aplicación** toma el rol del especialista y trabaja como mediador entre el Cliente y los equipos de Diseño y Psicología (3 y 4). Este equipo 'traduce' las necesidades y requerimientos del cliente en estipulaciones programáticas. Este equipo también funciona como crítico y consejero del grupo de investigación en su totalidad durante el proceso de diseño. Dependiendo del proyecto, tenemos equipos de aplicación en Anestesiología, Finanzas, y Monitoreo y Seguridad de Redes Electrónicas
- (3) El **Equipo de Diseño** está encargado de desarrollar el esquema de representaciones de datos siguiendo un proceso de diseño colaborativo y usando principios y técnicas especiales presentadas y publicadas en otras oportunidades (ver referencias anteriores). Durante las fases iniciales, el equipo de diseño trabaja estrechamente con (2) y (4). A medida que los esquemas son finalizados, el equipo de diseño comienza a tener contactos directos con (1) pero siempre con (2) presente.

- (4) El **Equipo de Psicología** esta enfocado en extraer el model mental que los expertos en el campo de aplicación utilizan para interpretar y actuar basados en los datos. Durante la etapa inicial, (4) trabaja cercanamente con (2) en el estudio de (1). En fases posteriores, el equipo se concentra en la evaluación de los esquemas de representación de datos elaborados por (3).
- (5) El **Equipo de Ciencias de la Computación** se dedica a responder a demandas de software, red y hardware. Este equipo esta particularmente envuelto en las fases finales del proyecto cuando trabaja con (3) y recibe consejo de (2) y (4). Su contribución inicial consiste en producir presupuestos y modelos prescriptivos relacionados con posibles implementaciones de la visualización de datos en un campo específico. Obviamente, cuando el área de aplicación esta relacionada con la computación (ej., monitoreado de red), este equipo toma el rol de (2)
- (6) El **Equipo Administrativo** se concentra en apoyar las operaciones diarias de nuestro grupo de investigación así como también de buscar nuevas áreas de trabajo, reclutar consultores, empleados y colaboradores, apoyar procesos legales, comerciales, y de patentamiento, etc.
- (7) Los **Consultores** son expertos externos al grupo que son contratados para evaluar los resultados del trabajo en momentos críticos del proceso de investigación.

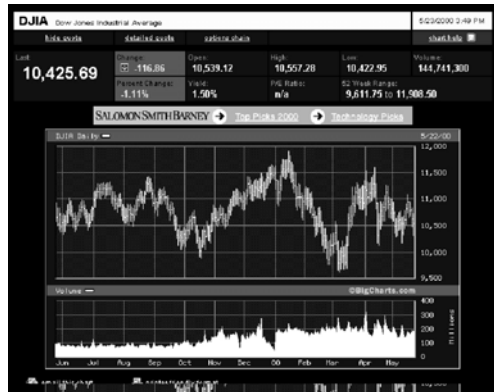
#### **Fases en el análisis de datos y su codificación en un esquema de diseño**

Una de las características únicas y más importantes de este trabajo es el establecimiento de una 'arquitectura' que define y organice las representaciones de datos. Esta operación demanda una comprensión clara de los datos, de como estos son empleados por el usuario, de su correlación con los objetos y técnicas particulares de representación, etc. Utilizamos las siguientes 6 fases para construir tal arquitectura: **fase 1:** análisis de datos para definir las variables y relaciones relevantes; **fase 2:** organización de las variables en conjuntos de datos basados en relaciones funcionales y de necesidad (identificadas en el model mental del usuario): entre datos dentro de un conjunto de datos, entre varios conjuntos de datos; **fase 3:** mapeado de conjuntos de datos: en objetos y espacios 2D y 3D y sus propiedades, en ubicaciones espaciales y temporales. De esta manera, los objetos y espacios digitales se transforman en símbolos de funciones críticas de un sistema, y adquieren capacidades semánticas que facilitan la percepción de: relaciones e integraciones entre diferentes variables; variables en termino de sus componentes independientes; variables discretas versus continuas; valores cuantitativos exactos versus el comportamiento cualitativo de las variables; la conducta global (historia y tendencia) versus local (instante y detalles) de las variables; detalles específicos del sistema versus estado general del sistema; **fase 4:** testeo de uso, refinamiento y re-testeo del esquema hasta alcanzar consenso interno y externo de que el diseño arquitectónico de datos funciona; **fase 5:** codificación del esquema arquitectónico de datos en software (programación); **fase 6:** evaluación final y a escala real del prototipo y reajustes menores. Si es exitosa, la siguiente etapa se dirige a la implementación y comercialización de la arquitectura de representación de datos en el mercado

#### **Proceso de evaluación**

Una diferencia esencial entre nuestro trabajo en el diseño de representación de datos y el de otros grupos de investigación es nuestra dependencia en un proceso evaluativo y al testeo continuo. (Spence 2001, Ware 2000) La ciencia de los Factores Humanos (una rama dentro de la Psicología Cognitiva) nos provee del conocimiento metodológico necesario para evaluar la eficacia de nuestras formas nuevas de presentar información.

Utilizamos un sistema tradicional de experimentación con confirmación para evaluar la eficacia de los diseños informáticos. Comparamos el nivel de performance entre un grupo de sujetos que usa nuestra representación de datos (nueva) y otro grupo de sujetos que emplea la manera existente de expresar la misma información. En adición a mediciones tradicionales como calidad y tiempo de performance,



agregamos un seguimiento ocular que evalúa mirada y foco de observación del usuario por medio tecnológico (eye tracking). La utilización de testeos múltiples ayuda a evaluar performances en un gran número diversidad de aplicaciones a la vez que da mayor validez a nuestras evaluaciones así y flexibiliza y agiliza el proceso de diseño.

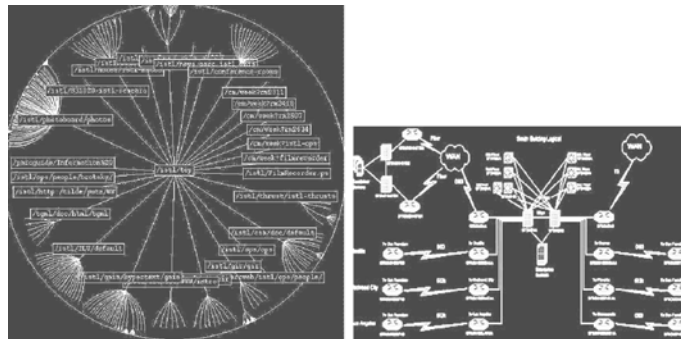
Fig2: Modelo de representación de datos financieros actual que presenta información primariamente en forma alfa-numérica a través de gráficos simples o diagramas de barra (YAHOO).

### Ejemplos de arquitectura informática realizadas

Nuestro grupo implementó esta metodología general exitosamente en el desarrollo de monitores informáticos en el dominio de Anestesiología. Esto se verifica en la reciente comercialización de nuestra arquitectura de representación en medicina.

Hemos también utilizado esta metodología para guiar nuestro esfuerzo de diseño en Finanzas y últimamente en nuestro trabajo de investigación en la Seguridad y Monitoreo de Redes Electrónicas.

Aquí presentamos dos ejemplos de arquitecturas de representación de datos en estas últimas. Ejemplos de nuestro trabajo en Medicina han sido publicados en varias partes. (Agutter et al 2001, Bermudez et al 2001 and 2002, Drews et al 2002, Syroid et al 2001). Dada las limitaciones de espacio, en esta ocasión solo mostramos imágenes con explicaciones cortas para proveer al lector con ejemplos de



nuestro esfuerzo. Durante la presentación de esta ponencia, se explicaran en detalle los diseños resultantes.

Figura 3: La información financiera es organizada en 3 capas diferentes de acuerdo a la escala, relación jerarquía y uso de los datos. Las variables son mapeadas en cualidades dimensionales simples de los objetos y espacios de la arquitectura de representación.

Figura 4: Modelo de Visualizaciones usados hoy en el Monitoreo de Redes Electrónicas.

Figura 5: Este esquema inicial de arquitectura de datos muestra múltiples zonas de red en donde las variables son representadas en relación a uso, tipo, tráfico, seguridad, criticalidad, y locación. Tamaño, color, umbral, y conectividad infraestructural proveen mayor discernimiento del sistema de red durante monitoreado.

### Reconocimientos

Esta investigación ha sido posible en parte gracias a una beca de los National Institutes of Health (1-R01 HL64590-01) de EEUU y al apoyo del Estado de Utah al Center for the Representation of Multi-Dimensional Information (CROMDI — <http://www.cromdi.utah.edu>)

## Referencias

- Agutter J.S., Syroid N.D., Drews, F.A., Westenskow, D.R., Bermudez, J.C., Strayer, D.L.:2001, Usability Testing Protocol for Anesthesia Displays (Scientific Poster), *Annual Meeting of the Society for Technology in Anesthesia*. Scottsdale, AZ.
- Agutter J., Syroid N.D., Drews F.A., Westenskow D.R., Bermudez J.:2001, Metaphor Graphic Display for Cardiovascular System, *American Society of Anesthesiologists Meeting 2001*. Lippincot Williams, 2001, pp 519
- Bermudez J., Agutter J, Westenskow D, Zhang, Y, Foresti, S, Syroid N, Lilly B, Strayer, D, Drews F, Gondeck-Becker D. :2001, La Arquitectura de Representación de Datos. Diseño Arquitectónico Aplicado a La Visualización en Anestesiología. en G. Guzman Dumont (ed.): *Libro de Ponencias de V Congreso Iberoamericano de Gráfica Digital (SIGraDI 2001)*, Universidad del Bio-Bio, Concepción, Chile. pp.135-138
- Bermudez J., Agutter J, Westenskow D, Zhang, Y, Foresti, S, Syroid N, Lilly B, Strayer, D, Drews F, Gondeck-Becker D.: 2000, Data Representation Architecture. Visualization Design Methods, Theory and Technology Applied to Anesthesiology, in M.Clayton and G.Vasquez de Velasco (eds): *ACADIA'2000 Proceedings*. Washington DC, pp.91-102
- Drews F.A., Westenskow D.R., Syroid N.D., Strayer D.L., Albert R.W., Agutter J., Bermudez J., Weinger M.: 2002, Seeing is believing:utility ratings of monitoring technology (Scientific Poster), *Annual Meeting of the Society for Technology in Anesthesia*. Santa Clara, CA, 2002
- Lawson, B. :1980, *How Designers Think*, Architectural Press, London
- Schön, D.: 1983, *The Reflective Practitioner*, Basic Books, New York
- Spence, R.: 2001, *Information Visualization*, Addison-Wesley.
- Syroid N.D., Agutter J., Drews F.A., Westenskow D.R., Albert R.W., Bermudez J.C., Strayer D.L., Prenzel H., Loeb R.G., Weinger M.B.: 2002, Development and evaluation of a graphical anesthesia drug display, *Anesthesiology*; 96: 565-75
- Rowe, P.: 1987, *Design Thinking*, The MIT Press, Cambridge, MA.
- Tversky B., Betrancourt M., Morrison J., Animation: can it facilitate?, Preprint
- Ware, C :2000, *Information Visualization from Design*, Morgan-Kaufman, San Francisco, CA.