

La visualización en la astrofísica como aproximación a la innovación teórica

Eric Torres Velasco & Ana L. Laureano Cruces

Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Azcapotzalco, CBI

Alfredo J. Santillán González

UNAM, Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación

Resumen

En este trabajo se desarrolla la investigación para la implementación de una interfaz-interactiva; teniendo como base teórica el razonamiento cualitativo. Para lograrlo, se utilizan técnicas de diseño y visualización de la información, así como ingeniería de software. Lo anterior se realiza con el propósito de demostrar la diferencia entre brillo aparente vs real (caso de estudio). El razonamiento cualitativo fue propuesto por el Dr. Kenneth D. Forbus en 1996, éste hace énfasis en el razonamiento causal puesto que representa una característica del humano para analizar los fenómenos físicos; lo cual permite comprender sus implicaciones al relacionarlas con las variables asociadas al: espacio, tiempo y cantidad. A su vez, el razonamiento causal puede ser utilizado como herramienta para visualizar fenómenos científicos. Con el fin de otorgar el crédito a la hipótesis del comportamiento observado o postulado. Por lo que es una herramienta idónea para generar: explicaciones, mediciones, interpretaciones, planificación de experimentos y por extensión, la comprensión y el aprendizaje. El caso de estudio implica la simulación de un proceso físico basado en su ecuación

matemática (de tercer grado de libertad). Aquí es donde se encuentra la aportación al campo de la visualización con la apertura de un punto de intersección, entre el diseño de interfaces interactivas y la simulación por computadora de procesos físicos. La ecuación del fenómeno relaciona el orden de magnitud de brillantez con la distancia de las estrellas. Uno de los objetivos de este trabajo es: generar conocimiento que permita explorar nuestras capacidades de percepción visual. Lo anterior implica que se requiera de representación y presentación de datos o conceptos comúnmente abstractos o complejos en información.

Palabras Clave:

Razonamiento cualitativo
Razonamiento causal
Diseño de información
Visualización
Interfaz-interactiva
Módulo distancia
Brillantez de las estrellas
Representación del conocimiento
Estructuras cognitivas

Introducción

La *visualización* en la ciencia inicia como un modo para estructurar conceptualmente el espacio en relación con un sistema blanco. Es decir, para determinar la posición de los astros en la bóveda celeste, la *esfera armilar* es el instrumento que permitió representar la concepción del *sistema geocéntrico* a partir de las observaciones de Ptolomeo en el siglo II.

Conforme este conocimiento evoluciona, se diseñan artefactos más sofisticados con el propósito de describir con precisión los sistemas existentes en la naturaleza. Por ello, los artistas y científicos contemporáneos, que están interesados en reconstruir fenómenos en la ciencia, han trazado diversas herramientas de representación lógico visual no-lingüístico como la diagramática o las gráficas conceptuales (Allwein, Barwise, 1996; Greaves, 2002; Shin, 1994).

Hallazgos revolucionarios de la temprana Edad Moderna dan constancia de que se comenzaba ya a instrumentalizar la idea de arquitecturas conceptuales como resultado de la creencia empírica y determinista (Gómez, 2009). Muestra de lo anterior, está presente en los *Principia Mathematica* de Newton, publicados en 1687, en los que se ejemplifican los fundamentos de la física y la astronomía mediante el uso de diagramas geométricos (Asimov, 1975; Giere, 1999; Hawking, 1992).

Dentro del área de los modelos en la ciencia, la *visualización* o representación de una mediación pictórica desempeña un importante papel para el símil y la comprensión de las teorías científicas, por ejemplo, la representación del modelo del átomo, la doble hélice del ADN, la explicación de la Deriva Continental, el *módulo distancia* (caso de estudio), por mencionar algunas (Giere, 1999; Gómez, 2009; Weisberg, 2013).

Por lo que el diseño y la implementación de interfaces interactivas, como artefactos cognitivos, potencializan y amplifican la cognición facilitando la comprensión que existe sobre un fenómeno en la naturaleza (Bertin, 1983; Cañas, Waerns, 2001; Card, Mackinlay, Shneiderman, 1999; McCormick, DeFanti, Brown, 1987; Norman, 1991, 1993; Meirelles, 2014; Munzner, 2015; Ware, 2013).

Este artefacto cognitivo de *visualización* posibilita la concepción de la noción teórica, debido a que reconstruye las dimensiones conceptuales de un dominio en el sistema, expandiendo nuestras capacidades y revelando patrones o relaciones a partir de ciertos principios del análisis, el diseño y la ciencia de datos (Meirelles, 2014; Munzner, 2015; Tory, Möller, 2004; Ware, 2013; Zhu, Chen, 2008).

Asimismo, este tipo de cognición debe implicar el establecimiento de nuestras conexiones lógicas y causales para la resolución de problemas o toma de decisiones en el futuro. Lo anterior, con base en la *teoría del proceso cualitativo* de Kenneth Dale Forbus (1984), puesto que permite explicar cómo se realiza la adaptación de nuevas *estructuras cognitivas* por medio del uso del *razonamiento cualitativo*, en especial el *razonamiento causal*.

Por lo tanto, el concepto de visualización que se tomará para este trabajo de investigación es el siguiente:

La visualización es la internalización de una representación pictórica, principalmente, de datos o conceptos comúnmente abstractos o complejos. En información clara, oportuna, valiosa, relevante, accesible, inteligible y concisa¹.

Recientemente, nos enfrentamos a la aceleración en los procesos de producción durante la etapa post industrial de principios del siglo XXI. Por este motivo, los modelos, que se utilizan para explicar, descubrir y predecir con base en los datos de algún fenómeno en la ciencia, se han transformado debido al avance tecnológico y a la distribución de los contenidos a manera de hiperconsumo. Esto es, a partir de los años ochenta la evolución en el control y el poder de cálculo del ordenador ha posibilitado la creación de mediaciones gráficas descriptivas o imágenes automatizadas ensamblando exuberantes cantidades de bases de datos públicas (Santillán-González, 2011; Santillán-González,

¹ Es importante mencionar que la definición de visualización se acota a esta aproximación, debido a las condicionantes del proyecto. Por lo que, sin lugar a dudas, 'la definición' puede ser mucho más amplia que lo que exclusivamente se expone o presenta aquí.

Hernández-Cervantes, 2010; Santillán-González, Hernández-Cervantes, Franco, 2004).

Estas mediaciones podrían concebir la respuesta a la emergencia del descubrimiento científico o a la innovación teórica, puesto que desde los años noventa permiten simular, explorar, descubrir e internalizar nuevos significados del conocimiento en el campo de la visualización científica por medio de los conceptos de interfaz, navegación e interacción (Card et al., 1999; Coates, Ellison, 2014; Earnshaw, Vince, Jones, 1997; Flores, 2007; Krug, 2005; Munzner, 2015; Sears, Jacko, 2009). Por esta razón, una de las premisas fundamentales es determinar cómo la disciplina del diseño de manera sistemática nos aproxima a las técnicas adecuadas para comprender, dirigir y situar las dimensiones conceptuales de un dominio en la naturaleza, aun cuando el nivel de abstracción de los datos sea muy alto.

El contenido de este artículo se organiza de la siguiente manera: en la sección dos, se describe la relación entre el razonamiento cualitativo y la visualización. Visto como un área «donde se crean representaciones de aspectos continuos del mundo real, cuyas características implican espacio, tiempo y cantidad»; la sección tres, describe el procedimiento metodológico mediante el proceso general del diseño, involucrando la fase de implementación de la interfaz-interactiva, complementándolo con el modelo anidado para el análisis y diseño de la visualización; la sección cuatro, presenta el análisis de los resultados previstos y las aportaciones potenciales, además de las posibles futuras líneas de investigación en el área de representación del conocimiento científico.

Razonamiento Cualitativo

El razonamiento cualitativo es un área «donde se crean representaciones de aspectos continuos del mundo real, cuyas características implican espacio, tiempo y cantidad» (Forbus, 1996: 3). De acuerdo con Kenneth D. Forbus², autor de la teoría del proceso cualitativo

² Kenneth Dale Forbus, Dr. en Inteligencia Artificial por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), es profesor de Ciencias de la Computación y profesor de Educación en la Universidad de Northwestern.

(1984), para comprender el razonamiento físico del sentido común, primero, hay que entender cómo razonar cualitativamente los procesos físicos. Por ello, en este trabajo es importante conocer cuáles son los procesos físicos y cómo se puede razonar cualitativamente, enfatizando en el razonamiento causal para el desarrollo de una interfaz-interactiva que permita visualizar la relación brillo y distancia de las estrellas.

Un proceso físico es una secuencia de eventos ocurridos sobre un periodo de espacio-tiempo, en donde los parámetros continuos de los objetos provocan que estos se muevan, colisionen, fluyan, doblen, calienten, enfrien, estiren o evaporen. Forbus (1984) se refiere a que razonar los procesos físicos es representar constantemente cantidades que expresan las cualidades eventuales de un sistema. Es decir, un razonamiento cualitativo consiste en pensar cómo ocurren dichos procesos desde la perspectiva de los cambios que suceden en sus propiedades físicas en diferentes instantes. Por lo que, al internalizar lo procedimental, se podrían generar explicaciones o trazar conclusiones. Para comprender la concepción de 'cambios', el autor define ciertas convenciones (tiempo, espacio, historias y cantidad) para describir y modelar las propiedades de los objetos de una situación dada.

El tiempo es el conjunto de instantes asignados a algún orden global. Estos instantes asignados de manera secuencial permiten recrear o tejer un modelo cualitativo de estados de cambio sobre un proceso o fenómeno físico. De tal modo, que esta definición será muy importante en este trabajo, debido a que determina las limitantes de espacio en relación con la comprensión del razonamiento físico.

Para entender la noción de estados de cambio en un sistema, el tiempo desempeña un importante papel. Por este motivo, la representación más significativa, que se tomará para este trabajo, es la de Allen (citada en Forbus, 1984), la cual asume que:

«[...] time is composed of intervals that may be related in several ways, such as one interval being before, after, or equal to another. A novel feature of this representation is that two intervals

can meet; that is, the start of one interval can be directly after the end of another interval, such that no interval lies between them (i. e., in this representation, time is not dense). Instants are represented as “very short” intervals which have zero duration but still have distinct beginnings and ends» (Forbus, 1984: 19).

A simple vista esta definición parece bastante completa, pero aún deja de lado la solución al problema del marco que menciona el autor. Por ello, se añade a esta inicialización la noción de historias propuesta por Hayes (citada en Forbus, 1984). Debido a que las historias no solo describen las extensiones de los objetos, sino también limitan su espacialidad mediante el conjunto de episodios y eventos ocurridos en las propiedades físicas. Por lo que,

«[...] the history of an object is made up of episodes and events. Episodes and events differ in their temporal aspects. Events always last for an instant, while episodes usually occur over an interval of time. Each episode has a start and an end which are events that serve as its boundaries» (Forbus, 1984: 28).

En resumen, gracias a este encadenamiento de estados de razonamiento cualitativo se reconocen los procesos que alteran o afectan a los parámetros físicos de los objetos: estos vistos como valores de cantidad extraídos de un rango continuo de flujo de la realidad.

Cuando se diseña una interfaz-interactiva, se debe tomar en consideración el razonamiento cualitativo. Es decir, se deben presentar los procesos de cambio de estados físicos sucedidos a partir de las propiedades continuas o los atributos mapeables del fenómeno científico a visualizar.

Para ejemplificar el diseño de una interfaz-interactiva por medio del razonamiento cualitativo, lo podemos hacer a través de los parámetros de brillo y distancia de una estrella. De tal manera que el valor del número de la cantidad del parámetro brillo cambia en relación con el valor del número de la propiedad distancia. Dicho de otro modo, el valor es igual a la cantidad y la cantidad es igual al parámetro físico de un objeto dentro de un espacio gradiente de tolerancia.

El empleo del razonamiento cualitativo provee la facultad para la co-creación de estructuras cognitivas complejas. Estas representaciones permiten razonar en los cambios que se producen en los valores (cantidades) de las variables continuas de una entidad física. Hay siete tareas o clases de razonamiento cualitativo (Forbus, 1984, 1996; Laureano-Cruces, Terán-Gilmore, De Arriaga, 2004), enfocadas en la actividad procedimental posibilitando la adaptación de nuevas estructuras cognitivas. A continuación, se da una breve explicación de las diferentes clases de razonamiento:

1) Actividad definitoria: deduce qué es lo que está sucediendo en un determinado momento (el aquí y ahora). Este razonamiento es una operación básica que también funciona en las otras tareas dentro de la dinámica cualitativa.

2) Predicción: define qué es lo que sucederá con un determinado hecho o fenómeno en el mundo físico a partir de información incompleta, imprecisa o abstracta para crear sus posibles descripciones en un cierto periodo. «De aquí se presenta la posibilidad de generar diferentes futuros» (Laureano-Cruces et al., 2004).

3) Postdicción: explica cómo un estado de cosas o una situación concreta pudo haber sucedido. La postdicción exige más que la predicción, debido al potencial para postular objetos y a la dificultad para encadenar los hechos hacia atrás con información incompleta. Si se tiene el conocimiento que se requiere para dicha situación y un control de la dinámica o mecánica, se sabrá qué objetos de ese estado se desvanecen y aparecen dentro de un fragmento de marcos conceptuales, a pesar de la existencia de muchas otras opciones que se podrían presentar para resolver dicha tarea. Este razonamiento tiene dos fases: un conjunto de posibles explicaciones y una construcción de explicaciones (de estas se elige la mejor fase) como se muestra en la Tabla A. Dentro de la teoría es conocida también como lógica abductiva (Aliseda, 1997).

4) Análisis escéptico: determina la consistencia de una descripción acerca de un fenómeno físico, por ejemplo: evaluar el movimiento perpetuo de una máquina. Este tipo de razonamiento es esencial

Eventos	Posibles explicaciones
El metro no avanza más de 40 minutos entre una y otra estación.	• Hubo una marcha en la ciudad. • Hay mucha gente en el metro.
Se apagan tanto las luces como el motor del vagón.	• No hay electricidad. • Hubo un corto circuito.

Tabla A. Ejemplo de Lógica abductiva.

cuando se obtiene información inconsistente y teorías incipientes que buscan explicar los dominios abstractos de la naturaleza. Por ejemplo, una inconsistencia de la visualización presente se determina con la falta de representación del polvo cósmico o con la incipiente resolución a nivel figurativo para representar las estrellas sin vientos solares o reacciones nucleares.

5) Interpretación cuantitativa: infiere con respecto a una descripción parcial de una situación y algunas observaciones de su comportamiento: qué otras particularidades existen y qué más podría suceder.

6) Planificación experimental: planea acciones con base en el conocimiento de lo que es observado y manipulado para dar camino a mayor información acerca del fenómeno.

7) Razonamiento causal (causa-efecto): calcula la descripción de un comportamiento atribuido por cambios en los valores de los parámetros continuos. Este tipo de razonamiento es una herramienta para asignar el crédito a las hipótesis del comportamiento observado o postulado. Por ello, el razonamiento causal es indispensable para generar explicaciones, mediciones, interpretaciones y una planeación de experimentos a fin de que se logre la comprensión.

Diseño conceptual del espacio cantidad

Bozzo y Fenves (1994) presentan el diseño conceptual del espacio cantidad a partir del razonamiento cualitativo de Forbus (1984) como metodología para un marco teórico centrado en el espacio y la descripción del razonamiento acerca del comportamiento de sistemas estructurales sujetos a cargas. Este marco teórico

incluye la representación topográfica y geométrica de una estructura. Esto quiere decir que, «para razonar sobre los sistemas estructurales, es más importante representar los cambios en el espacio que los cambios en el tiempo» (Bozzo, Fenves, 1994: 62).

Dicho de otra manera, razonar el comportamiento estructural de un sistema es calcular las relaciones entre las magnitudes de sus parámetros. Esto es, si su relación es mayor, igual o menor o si se: incrementa, disminuye o mantiene igual.

A su vez, hay dos aproximaciones para representar la topología de una estructura. En la primera, se representan las conexiones entre los componentes. En la segunda, se representan los componentes entre las conexiones. Ambas describen la misma información topológica. Una puede ser expresada en términos de la otra (Bozzo, Fenves, 1994) como se muestra en la Figura 1.

La Figura 2 señala trece direcciones cualitativas que describen la orientación de un vector en el espacio, así como el eje de un componente.

Las trece orientaciones definen el número mínimo de direcciones cualitativas para representar cualquier vector. La eliminación de las orientaciones redundantes no reduce la expresividad de la descripción geométrica, pero aumenta la eficiencia de inferencia. Con esta representación, la orientación cualitativa para un vector tiene tres parámetros, uno para cada uno de los cosenos de dirección. Al igual que con otros parámetros cualitativos, las relaciones de parámetros relacionan el valor absoluto de los cosenos de dirección para dos vectores (Bozzo, Fenves, 1994).

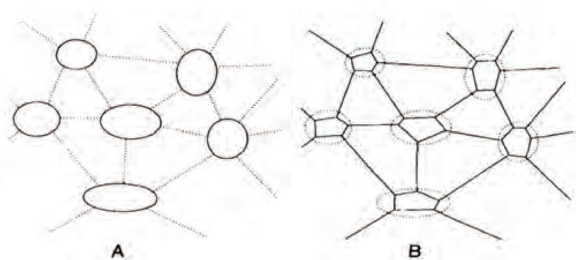


Figura 1. Tomada de Capra (1996).

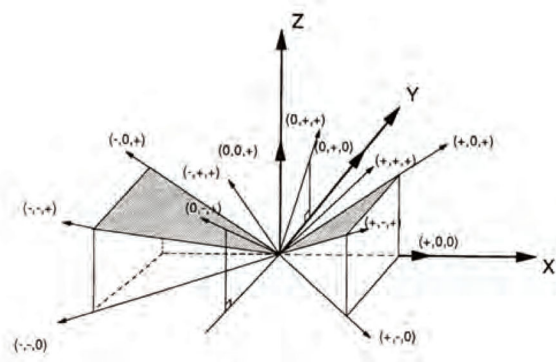


Figura 2. Tomada de Bozzo y Fenves (1994).

Los elementos en un espacio cantidad están determinados por las comparaciones necesarias para establecer ciertos tipos de hechos, como si los procesos estuvieran activos. Como solo existe un número finito de elementos en un espacio cuantitativo razonable, entonces, solo existe un número finito de valores distinguibles. En consecuencia, el valor de un número (cantidad) de un parámetro es descrito en términos de su espacio cantidad. El espacio cantidad es una abstracción de valores de dicho parámetro sobre un conjunto de intervalos que son relevantes para el orden parcial del problema (Bozzo, Fenves, 1994; Forbus, 1984).

Caso de estudio

Para representar la geometría de una estructura, ésta se debe realizar por medio de sus atributos o propiedades mapeables, por ejemplo: la longitud y la orientación. La longitud se define a través de un espacio

simple cuantificado o cualificado por los números reales o abstractos y la orientación se define por medio de sus ejes a través de las conexiones o relaciones entre los componentes. Estas relaciones entre los componentes se asocian a partir de las magnitudes de los distintos parámetros físicos. Este es el caso de qué tan alejado está el vector 1 del vector 2 o qué tanto brilla la estrella 1 con respecto a la estrella 2. Lo anterior, permite que la relación del espacio con el objeto celeste sea por medio de su orientación y longitud alejado de un centro de referencia (el Sol).

El conjunto de vectores en un espacio cantidad es traducido por la interfaz-interactiva asignando las magnitudes de los objetos sobre la base de la ecuación matemática en tres sistemas compuestos por: brillo aparente, brillo absoluto y distancia. Lo anterior expresa el comportamiento cualitativo de la relación que une a esta diferencia de magnitudes equivalente a una escala logarítmica de distancia. Con respecto a la distancia, esta es representada mediante un sistema de coordenadas ecuatoriales (RA, DEC, R) para su orientación y un sistema de coordenadas esféricas (X, Y, Z) para su trazo en un espacio euclidiano tridimensional sobre una superficie bidimensional.

A modo de resumen, la teoría del proceso cualitativo es utilizada en la creación de modelos cualitativos como aparatos integrales que permiten el acceso al conocimiento. Puesto que basamos nuestro conocimiento de la realidad trazando conclusiones, acerca de fenómenos físicos, por medio de información incipiente al borde de la imprecisión y con la natural incertidumbre del ser.

Cabe señalar que el campo de aplicación del razonamiento cualitativo está presente dentro del área industrial, donde se realiza el proceso de monitorización y diagnóstico de procesos físicos, el diseño de sistemas de tutoría inteligentes y ambientes de aprendizaje, el modelado cognitivo, por mencionar algunos casos (Bozzo, Fenves, 1994; Forbus, 1984, 1996; Laureano-Cruces et al., 2004). Por lo que la teoría es una teoría abierta y flexible a integrarse o adaptarse a otras teorías involucrando información más amplia o precisa.

Metodología: análisis y diseño

El proyecto consiste en una investigación teórica-empírica para el diseño e implementación de una interfaz-interactiva lúdica que permita visualizar las relaciones causales de las diferentes partes de la ecuación del fenómeno del módulo distancia. Esto es, intervenir e interactuar de manera pedagógica a manera de instrucciones con el brillo aparente, brillo real y la distancia de un estrella o cúmulo de estrellas a fin de facilitar la adaptación de esta estructura cognitiva compleja proveniente del dominio de la astronomía.

Modelo anidado para el análisis y diseño de la visualización

Para controlar la complejidad y el caos, la literatura sugiere implementar diversas técnicas, herramientas y metodologías desde el proceso general del diseño. A consecuencia de esto, el modelo que mejor se adapta a las necesidades para la construcción de la aplicación interactiva es el que propone Tamara Munzner (2015). El cual recomienda trabajar con un marco para el análisis y diseño de la visualización resumido en la Figura 3. Esto, a partir de las preguntas: qué datos o información se va a abstraer, porqué se va a abstraer y cómo se va a abstraer en términos de decisiones de diseño.

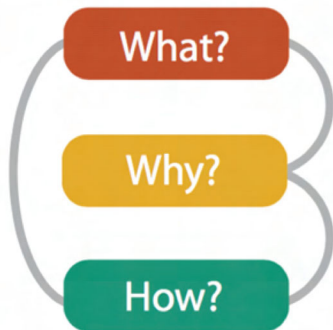


Figura 3. Tomada de Munzner (2015).

Fases de validación

Para la construcción del artefacto cognitivo, este modelo establece anidar cuatro fases de validación que dividen las complejidades del problema en niveles en cascada como se observa en la Figura 4. A continuación, se describen los niveles:

En el primer nivel, se define el conocimiento de la situación y se considera a detalle la aplicación particular del dominio y la semántica prevista por los atributos. En el segundo nivel, se mapean los problemas específicos del dominio en formas útiles para estructurar la información. Lo anterior, ayuda a decidir las acciones, tareas o metas que el sistema va a realizar. En el tercer nivel, se construye el diseño que especifica el enfoque del idioma que va a codificar visualmente la interacción. Y en el cuarto nivel, se implementa el algoritmo con instrucciones para instanciar y automatizar el proceso de codificación.

El estado actual del proyecto se encuentra entre la transición del primero con el segundo nivel. Puesto que, tanto el estado del arte del razonamiento cualitativo como la definición del fenómeno científico a visualizar (módulo distancia), determinan las condiciones iniciales del dominio o la situación física en la que se encuentra el problema a solucionar. Esto, con el propósito de definir las acciones, tareas o metas que el usuario, el sistema y la interfaz van a realizar hacia la fase de visualización.

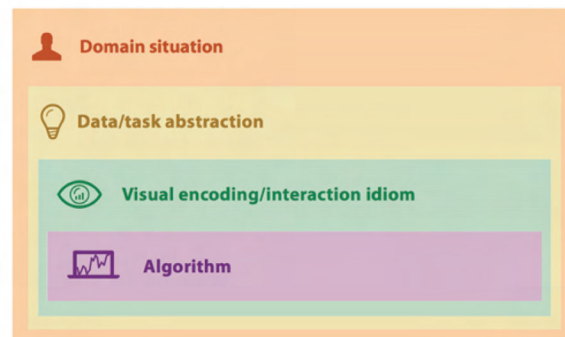


Figura 4. Tomada de Munzner (2015).

La fase de visualización es una fase flexible e iterativa. De modo que, si existe la necesidad de iterar hacia un nivel anterior para validar el resultado del proceso del diseño, se puede realizar tomando en cuenta que la información que se obtuvo del bloque presente servirá de entrada o referencia hacia el nivel próximo, inmediato o accedido ya sea: 1) de arriba hacia abajo (upstream), o 2) de abajo hacia arriba (downstream) en el modelo. Por lo que, en el caso de estudio, la visualización se construye a partir del problema (top down) y no de la técnica (bottom up), para representar cualitativamente la comprensión acerca de un fenómeno científico de la astronomía que explica la relación brillo y distancia de las estrellas por medio de un conjunto de datos tabulares representados en geometría.

Para una representación cualitativa, se deben mapear las propiedades o valores reales acerca del fenómeno a visualizar (brillo aparente, brillo absoluto y distancia). Dichos valores continuos se presentan a partir de un conjunto de relaciones ordinales que dan el siguiente paso en la resolución o nivel figurativo de la visualización. De tal modo que, el énfasis en la representación del flujo lumínico de una estrella se mapea a la capacidad optimizable de los recursos del hardware para calcular y recorrer instrucciones donde el operador incrementará el valor alpha en un sistema de color RGB (rojo, verde, azul) proyectado sobre un espacio euclidiano tridimensional digital al rango máximo establecido por la brillantez del objeto celeste. Esto es, el escalamiento continuo de cero a doscientos cincuenta y cinco (0, 255) en alpha y de menos seis a más seis en luminosidad estelar (-6, +6). La regla cambia cuando se incide sobre el evento que traduce el brillo absoluto en la visualización.

Por este motivo, se toman en cuenta los conceptos gráficos de relación espacial e imágenes esquema para silogismos expresados en el diseño de diagramas Euler (Allwein, Barwise, 1996). Puesto que, los atributos o propiedades mapeables de estos objetos celestes se podrían representar como esferas sólidas, transparentes, en superposición u opacidad como se muestra en la Figura 5. En donde Bs podría representar la propiedad brillo traducida en el valor de la cantidad del parámetro

alpha para ambas magnitudes (aparente vs real), Cs la masa de la estrella a una sola unidad y As otro objeto o cosa en el espacio de la superficie bidimensional.

Con respecto a la distancia, se vectoriza la posición de las estrellas para trasladar el espacio acorde a tres dimensiones (X, Y, Z) desde de sus propiedades de: ascensión recta, declinación y radio (RA, DEC, R). Posteriormente, se normalizan las unidades de distancia de pársecs (unidad de medición para la distancia de las estrellas) en relación con los píxeles (1:100) a fin de evitar la aglomeración o superponer todas las estrellas, debido al escalamiento de todos los objetos proyectados. Finalmente, se realiza la construcción para el controlador de diálogo o interacción pedagógica de la interfaz.

Técnicas y herramientas para el proceso de diseño

Las siguientes técnicas y herramientas formalizan el trabajo en el proceso del diseño y dan claridad desde la definición de sus objetivos hasta la etapa de desarrollo e implementación.

Journey map

Consiste en una visualización de experiencias de las personas al interactuar con un producto o servicio, de modo que cada momento se pueda evaluar y mejorar individualmente. La representación debe ser honesta con la experiencia. Por ello, debe incluir momentos de indecisión, confusión, frustración, así como deleite y cierre (Martin, Hanington, 2012).

En el caso de estudio, el objetivo es que las niñas y niños de seis a siete años entiendan la diferencia entre el brillo real vs el brillo aparente. De este modo, se debe

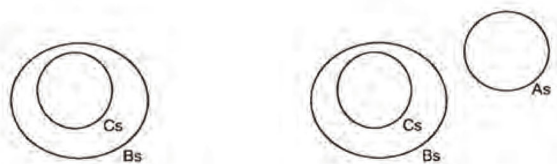


Figura 5. Tomada de Allwein y Barwise (1996).

responder a la pregunta: ¿qué acciones o interacciones debe de hacer el usuario con la interfaz para lograr ese objetivo? La Figura 6 presenta una versión para visualizar dicho camino mediante las siguientes acciones o eventos:

A. Presionar, pulsar o tocar el botón que refiere a la Magnitud Absoluta: (a) Regresar a modo Magnitud Aparente; (b) Modificar la Distancia de todas las Estrellas a 10 pársecs; (c) Seleccionar una Estrella; o (d) Explorar el Espacio.

B. Seleccionar una estrella: (a) Cambiar a modo Magnitud Absoluta; (b) Modificar su Distancia (aplica MagAbs): regresar su Distancia; (c) Explorar el Espacio para añadir otra estrella a la selección; o (d) Presionar fuera para deseleccionar.

C. Explorar el espacio

Prototipo

Es la creación tangible de artefactos en niveles de resolución para el desarrollo y prueba de ideas dentro de equipos de diseño con clientes y usuarios (Martin, Hanington, 2012).

Por lo que, la Figura 7 representa lo que la visualización o interfaz-interactiva traduciría mediante sus elementos o componentes visuales, si la primera acción que se toma por parte del usuario es ingresar a la pantalla de inicio. Lo anterior, procurando mantener

una estructura estética o apariencia vistosa, con una composición atractiva y jerárquica que permita instruir o guiar al niño a fin de cumplir con el objetivo señalado.

Reflexiones finales

Los resultados de este trabajo podrán ser trasladados a otras áreas científicas, debido a que las matemáticas son extrapolables para modelar fenómenos.

La causalidad se expresará en la acción-interacción estimulada del usuario para pulsar un botón en la pantalla que incide en el cambio de magnitudes y en las magnitudes mismas. Como si fuera una red o un conjunto de conexiones entre sus componentes.

Finalmente, en este trabajo se plantea que a pesar de que las representaciones abstractas dificultan la adaptación de nuevas estructuras cognitivas. La visualización de fenómenos en astronomía propicia el razonamiento cualitativo. Además, el diseño de interfaces interactivas facilita la reconstrucción conceptual de un fenómeno en la ciencia.

Reconocimiento: este trabajo forma parte del proyecto de investigación que lleva a cabo Eric O. Torres Velasco para obtener el grado de maestro en Diseño y Visualización de la Información de la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco.



Figura 6. Versión 1.0 de las acciones del usuario, sistema y la interfaz.



Figura 7. Vista de la aplicación interactiva sobre un espacio 3D.

Referencias

- Aliseda, Atocha. (1997). Seeking explanations: abduction in logic, philosophy of science and artificial intelligence. Amsterdam: ILLC-Publications.
- Allwein, Gerard, Barwise, Jon. (1996). Logical Reasoning with Diagrams. USA: Oxford University Press.
- Asimov, Isaac. (1975). Breve historia de la química. España: Alianza.
- Bertin, Jacques. (1983). Semiology of graphics: diagrams, networks, maps. USA: University of Wisconsin Press.
- Bozzo, Luis M., Barbat, Alex, Torres, Lluís. (1998). Application of qualitative reasoning. Engineering Applied Artificial Intelligence, vol. 12, pp. 29-48. doi: 10.1080/088395198117893
- Bozzo, Luis M., Fenves, Gregory L. (1994). Qualitative reasoning and the representation of fundamental principles in structural engineering. Research in Engineering Design, vol. 6, pp. 61-72. doi: <https://doi.org/10.1007/BF01579984>
- Cañas, José. J., Waerns, Yvonne. (2001). Ergonomía cognitiva: aspectos psicológicos de la interacción de las personas con la tecnología de la información. España: Editorial Médica Panamericana.
- Capra, F. (1996). La trama de la vida: una nueva perspectiva de los sistemas vivos. Barcelona: Anagrama.
- Card, Stuart K., Mackinlay, Jock D., Shneiderman, Ben. (1999). Readings in Information Visualization: Using Vision to Think. USA: Morgan Kaufmann Publishers.
- Coates, Kathryn, Ellison, Andy. (2014). Introducción al diseño de información. España: Parramón Paidotribo.
- Earnshaw, Rae A., Vince, John A., Jones, Huw. (1997). Visualization and modeling. USA: Academic Press.
- Forbus, Kenneth D. (1984). Qualitative Process Theory. Artificial Intelligence, vol. 24, issues 1-3, pp. 85-168. doi: [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(84\)90038-9](https://doi.org/10.1016/0004-3702(84)90038-9)
- Forbus, Kenneth D. (1996). Qualitative reasoning. The Computer Science and Engineering Handbook. USA: CRC Press. Recuperado el 4 de febrero de 2019 de: <http://www.qrg.northwestern.edu/papers/Files/crc7.pdf>
- Flores, Cecilia. (2007). Diseño y usuario: aplicaciones de la ergonomía. México: Designio.
- Giere, Ronald. (1999). Science without laws. Chicago & London: The University of Chicago Press.
- Gómez, Susana. (2009). La ilustración científica y el engaño de los sentidos. En M. Casanueva, B. Bolaños. (Coords.), El giro pictórico: epistemología de la imagen (pp. 39-71). Barcelona, España: Anthropos Editorial.
- Greaves, Mark. (2002). The philosophical status of diagrams. Stanford, California: CSLI Publications.
- Guerra, Miroslava. (2010). Manual de publicaciones de la American Psychological Association (3a ed.). México: El Manual Moderno.
- Hawking, Stephen W. (1992). Historia del tiempo: del big bang a los agujeros negros. España: Editorial Crítica.
- Krug, Steve. (2005). No me hagas pensar: una aproximación a la usabilidad en la web. USA: New Riders Press.
- Laureano-Cruces, Ana Lilia, De Arriaga, Fernando, García-Alegre, María. (2001). Cognitive Task Analysis: a proposal to model reactive behaviours. Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence, vol. 13, pp. 227-239.

- Laureano-Cruces, Ana Lilia, Terán-Gilmore, Amador, De Arriaga, Fernando. (2004). A Learning Cognitive Model Based on a Didactic Cognitive Approach: The Case of Single-Degree-of-Freedom Systems. En *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 12, no. 3, pp. 152-164.
- Martin, Bella, Hanington, Bruce. (2012). *Universal methods of design: 100 Ways to research complex problems, develop innovative ideas, and design effective solutions*. USA: Rockport Publishers.
- McCormick, Bruce H., DeFanti, Thomas A., Brown, Maxine D. (1987). Visualization in scientific computing. In *Advances in Computers*, vol. 21, no. 6. New York: ACM SIGGRAPH.
- Meirelles, Isabel. (2013). *Design for information: an introduction to the histories, theories and best practices behind effective information visualizations*. USA: Rockport publishers.
- Munzner, Tamara. (2009). A Nested Model for Visualization Design and Validation. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 15, Issue 6. doi: 10.1109/TVCG.2009.111.
- Munzner, Tamara. (2015). *Visualization Analysis & Design*. London & New York: CRC Press.
- Norman, Donald A. (1991). Cognitive artifacts. In *Designing interaction*, John M. Carroll (Ed.). Cambridge University Press, New York, NY, USA 17-38.
- Norman, Donald A. (1993). *Things that make us smart: defending human attributes in the age of the machine*. USA: Addison Wesley Publishing Company.
- Santillán-González, Alfredo J. (2011). Videojuegos en la astrofísica computacional del siglo XXI. *Revista Digital Universitaria*, vol. 11, no.3. Recuperado el 15 de septiembre de 2019 de: <http://www.revista.unam.mx/vol.11/num3/art25/int25.htm>
- Santillán-González, Alfredo J., Hernández-Cervantes, Lilitiana, Franco, José. (2004). Simulaciones numéricas en astrofísica. *Revista Digital Universitaria*, vol. 5, no. 4. Recuperado el 15 de septiembre de 2019 de: <http://www.revista.unam.mx/vol.5/num4/art24/art24.htm>
- Sears, Andrew, Jacko, Julie A. (eds.). (2009). *Human-Computer Interaction: fundamentals*. USA: CRC Press.
- Shin, Sun-Joo. (1994). *The logical status of diagrams*. Cambridge, Massachusetts: Cambridge University Press.
- Tory, Melanie, Möller, Torsten. (2004). Human factors in visualization research. In *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 10, no. 1, pp. 72-84. doi: 10.1109/TVCG.2004.1260759.
- Ware, Colin. (2013). *Information visualization: perception for design*. USA: Morgan Kaufmann.
- Weisberg, Michael. (2013). *Simulation and similarity: using models to understand the world*. New York: Oxford University Press.
- Zhu, Bin, Chen, Hsinchun. (2008). *Information visualization for decision support*. F. Burstein, C. W. Holsapple (ed.). *Handbook on decision support systems*. Alemania: Springer-Verlag.

Del autor:



ERIC TORRES
DISEÑO E INFORMACIÓN
WhatsApp (554) 790 4238 | erictorres.velasco@gmail.com
Ciudad de México, México.



¡Hola! Tengo 30 años, me considero autodidacta y responsable. Disfruto de los proyectos en interdisciplina, armonía y respeto. Suelo aprender de mis errores y de escuchar a los demás.



Freelancer
Visualization designer
2016 - Actualmente

Diseño por computadora de una interfaz interactiva con Dr. en C. Ana Lilia Laureano-Cruces.

Jaque Estratégico
Comunicación organizacional
2016

Planeador estrategia de la comunicación interna y externa, con el objetivo de definir las áreas de negocio y la transformación de éstas, para la optimización de recursos durante el proceso del desarrollo de software.

Socodinnet
Project Manager
2015

Administrador de proyectos para redes sociales y customer service para tiendas OXXO, Circuito Exterior Mexiquense, Artell, Bibiki.

Tierra de ideas
Copywriter
2014

Redactor de campañas publicitarias tipo below-the-line para marcas como Starbucks, Nichelodeon, Tecate, Disney, Hasbro.

**HABILIDADES**

Adobe AI + PS

HTML + CSS + JS

Bootstrap

**EDUCACIÓN**

Maestría en Diseño y Visualización de la Información
Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco
2019 - Actualmente

Licenciatura Cs. de la Comunicación (LCC)
Universidad del Valle de México
2010 - 2013

Licenciatura Artes Visuales (AVF)
Universidad de Guadalajara
2007 - 2010

Foundations of Data Science
University of California, Berkeley
2018 - Actualmente

Curso Lenguaje de programación JAVA
Universidad Nacional Autónoma de México
2017

Diplomado Harvard ManageMentor
Harvard Business Publishing
2012

**IDIOMAS**

Inglés

★ ★ ★ ★ ☆

Francés

★ ★ ☆ ☆ ☆

Alemán

★ ☆ ☆ ☆ ☆

<https://ciretorres.github.io/>