

Herramienta auditiva para acceder expresiones matemáticas digitales

Carlos Arriola-Arciniega
Francisco J. Aceves

Sección de Estudios de Posgrado e Investigación,
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Zacatenco,
Instituto Politécnico Nacional.
Unidad Profesional 'Adolfo López Mateos', Col. Lindavista,
CP 07738, México DF.
MÉXICO.

Tel. (+52) 55 5729 6000 ext. 54592
Correo electrónico (email): karlos.arriola@gmail.com
facevesh@ipn.mx

Recibido el 13 de octubre de 2009; aceptado el 26 de febrero de 2010.

1. Resumen

Dado que las matemáticas son ampliamente utilizadas en la educación en ingeniería, las personas con discapacidad visual tenían pocas posibilidades de estudiar carreras profesionales en esta área, ya que no existía un software capaz de acceder las expresiones matemáticas complejas normalmente utilizadas en esta profesión.

Para solucionar esta problemática, aplicando un enfoque sistémico, se ha desarrollado un software capaz de acceder dichas expresiones en forma audible.

Palabras clave: accesibilidad, discapacidad visual, educación en ingeniería, expresiones matemáticas, enfoque sistémico.

2. Abstract (Audible Tool to Access to Digital Mathematical Expressions)

Given that Mathematics are widely employed in engineering education, persons with visual inability had very few possibilities for studying professional careers in this area, because there were not software appropriate to access complex mathematical expression, normally used in this profession.

To solve this problem, using the systemic approach, it has been developed a software that can translate, in audible form, mathematical expressions.

Key words: accessibility, engineering education, mathematical expressions, systemic approach, visual disability.

3. Introducción

La educación en ingeniería está apoyada fundamentalmente en las matemáticas, que sirven para describir fenómenos y para calcular soluciones precisas a problemas dados.

Las personas con discapacidad visual, normalmente no pueden acceder a estas expresiones matemáticas [1], por lo cual se ven limitadas para estudiar carreras profesionales de ingeniería. Según la Organización Mundial de la Salud [2] la cantidad de ciudadanos en el mundo con discapacidad visual se estima en 180 millones.

En años recientes, se ha desarrollado en el Instituto Politécnico Nacional de México un software que permite acceder expresiones matemáticas complejas, en forma audible, para que las personas con discapacidad visual tengan posibilidad de estudiar estas carreras de ingeniería.

4. Desarrollo

En el desarrollo de la presente investigación, se aplicó la metodología de Sistemas Suaves, de Checkland [3], que analiza los agentes participantes [4] en el proceso indicado en el cuadro 1. Al aplicar la metodología de los sistemas suaves, se reconoce la importancia del ciberespacio como actividad humana, pero al mismo tiempo se pretende dejar constancia del resto de sus facetas, las cuales no se presentan a detalle, pero que han de estar continuamente presentes cada vez que se hable del ciberespacio, como lo demuestra insistentemente la realidad (véase cuadro 2).

Así mismo, se aplicó el Modelo de Complejidad de 3 Niveles de Sáez Vacas F. [5], el cual define los niveles indicados en el cuadro 3. Aplicando este modelo al ciberespacio y al diseño participativo, emergieron las necesidades de falta de accesibilidad, determinadas por el World Wide Web Consortium [6], obteniendo el Modelo de Complejidad de 3 Niveles del Ciberespacio, indicado en la figura 1 y el Modelo de complejidad de 3 Niveles del Diseño Participativo, indicado en la figura 2.

Si el ciberespacio [7] se puede ver como el conjunto de personas, redes y procesos que, dentro de una ciber sociedad, se

Cuadro 1. Agentes participantes en el sistema.

CATWOE

- C = Clientes (beneficiarios, víctimas, discapacitados)
- A = Actores (los que participan en el sistema)
- T = Transformación (proceso básico que se realiza)
- W = *Weltanschauung* (perspectiva adoptada)
- O = Owners (propietarios del sistema)
- E = Entorno (constricciones del sistema)

encargan de que la información correcta esté en el lugar apropiado, en el momento adecuado y en el formato y soporte más conveniente. Para su posible acceso, el objetivo, y por tanto el problema, es encontrar la tecnología adecuada para realizar esa tarea.

Basándose en la metodología de Sistemas Suaves y el Modelo de Complejidad de 3 Niveles, se obtuvo lo siguiente.

a) Tipos y niveles de comunicación en el ciberespacio

Las comunicaciones que se establecen son de tres tipos básicamente: *a)* las relaciones de intercambio de información entre computadoras; *b)* las relaciones de intercambio de información entre hombres y computadoras; y *c)* las relaciones de intercambio de información entre seres humanos a través de las computadoras. Estos tres tipos de intercambio de información no deben pensarse como elementos separados. La realidad es

Cuadro 2. El ciberespacio visto como un sistema.

- Sistema de Relaciones Sociales
- Sistema Diseño Abstracto
- Sistema Transformador de Información
- Sistema Adaptador de Variedades
- Sistema Diseño Físico
- Sistema de Comunicaciones
- Sistema de Actividades Humanas
- Sistema de Intercambio de Información
- Sistema Administrativo
- Sistema de Soporte a la Decisión

Cuadro 3. Modelo de 3 Niveles de Complejidad [5].

Esta teoría fue propuesta inicialmente para su aplicación a la informática y su propósito era categorizar la complejidad que caracteriza a los entornos de este tipo. Si se extrae de esa teoría todo lo relacionado con la informática, se queda con la esencia del razonamiento, que es bastante independiente del campo de aplicación. Y de todas formas, existe una relación muy íntima entre Ciberespacio y Diseño Participativo, lo que hace más plausible la transmutación de aquel campo a éste.

Su autor distingue tres niveles de complejidad.

1. El primero de ellos abarca la complejidad de los objetos aislados; en el caso de la informática, es la complejidad de circuitos, algoritmos, programas, etc., tratados como objetos separados de otros. Este es el tipo de complejidad con que se enfrentan todos los especialistas en estas tecnologías y es, en general, la que percibe todo el mundo. En un sentido más amplio, ésta es la complejidad de cada uno de los diferentes elementos que componen un sistema, considerados en sí mismos y no como referencias interiores de un todo. Evidentemente, ellos a su vez podrían ser enfocados como un todo, puesto que pueden estar formados por otros elementos.
2. El segundo nivel de complejidad aparece porque en general, y en la informática en particular, los objetos nunca están aislados, sino que forman un grupo de elementos interconectados con un determinado objetivo. Surge aquí la noción de sistema que lleva aparejada una complejidad diferente y de orden superior a la del primer nivel. Se llamará complejidad sistémica. En informática los ejemplos son infinitos, un sistema operativo, una red de computadoras o incluso una computadora aislada. Es un nuevo nivel de complejidad, porque ya no se está tratando con un simple conglomerado de objetos, sino que de la unión de éstos emerge un conjunto de propiedades diferente a la mera suma de las propiedades de sus componentes. En concreto, surge una serie de interrelaciones que antes no existían o que no interesaban, pero que ahora son fundamentales para definir el comportamiento del grupo.
3. Finalmente, el tercer nivel de complejidad surge de la interacción –a veces choque– de los sistemas tecnológicos y los sistemas sociales, dando lugar a la complejidad antropotécnica, que se manifiesta específicamente por fenómenos relacionados con el desorden, la incertidumbre, la desorganización, la inestabilidad, la entropía, la borrosidad..., algo que está a la orden del día en la informática práctica.

que en el ciberespacio quienes se comunican directamente son las computadoras. Son ellas las que actúan como mediadoras para posibilitar nuestras comunicaciones interpersonales. El ciberespacio es un espacio relacional cibernético, en el que unas computadoras, que constituyen unas redes, sirven de medio para que se establezcan unas comunicaciones entre humanos. El hecho es que estos tres tipos de comunicaciones se dan simultáneamente, formando parte de un proceso: 1) para establecer contacto con otros seres humanos que están en

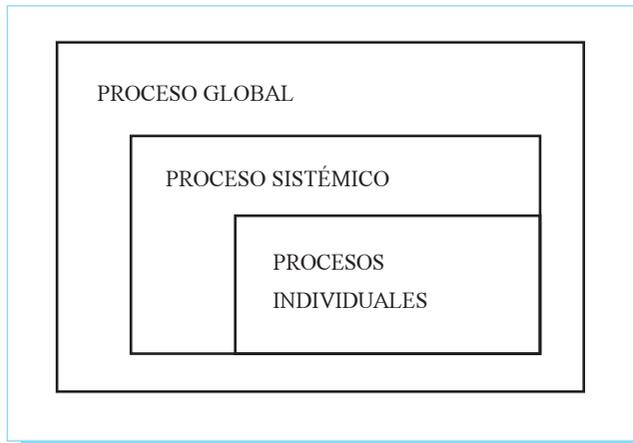


Fig. 1. Modelo de Complejidad de 3 Niveles del Ciberespacio.

otros puntos de la red, 2) mediante nuestra interacción con las computadoras, 3) que a su vez se comunican entre sí.

Sin embargo, el utilizar el término "comunicación" tanto para computadoras como para hombres, o entre hombres y computadoras, puede inducir a error si se piensa que estos procesos de intercambio de información son de la misma naturaleza. Efectivamente, en los tres casos se produce un intercambio de información, pero estos tienen fines y condicionantes distintos. Los fenómenos de intercambio de información se dan prácticamente en todos los niveles de la escala biológica y es la forma de regulación o de autorregulación de los sistemas complejos. Pero lo que interesa en este momento son dos tipos de fenómenos de intercambio y su naturaleza: los que se producen entre seres humanos y computadoras y su interrelación.

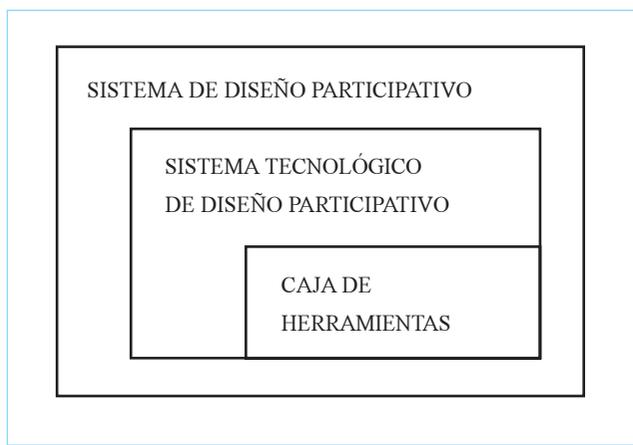


Fig. 2. Modelo de Complejidad de 3 Niveles del Diseño Participativo.

b) Comunicación humano-computadora

Las computadoras son sistemas que poseen dispositivos de entrada y de salida. En este caso, es en los primeros donde se establecen las interfaces que posibilitan el intercambio entre computadoras y seres humanos. Para que sea posible comunicarse con la computadora es necesario establecer un lenguaje comprensible [8] para que traduzcamos nuestras intenciones en órdenes. Los límites de nuestras intenciones están en los límites de las órdenes que la computadora puede aceptar para procesarlas. Es decir, que nuestras posibilidades comunicativas se reajustan en función de aquellas que la computadora puede aceptar y convertir en salida lógica o mecánica.

La cibernética [9] es el estudio de las analogías entre los sistemas de control y comunicación de los seres vivos y los de las computadoras; y en particular, el de las aplicaciones de los mecanismos de regulación biológica a la tecnología (DRAE). Esta definición adquiere una nueva dimensión cuando no se trata ya del "estudio de analogías", sino del estudio de un proceso integrado. Ya no hay analogías, casos separados que muestran semejanzas, sino un proceso integrado en el que hombres y computadoras se encuentran interrelacionados plenamente a través de una intermediación comunicativa.

c) Formalización del modelo

Una vez establecido el modelo, es necesario comprobar que cumple, aunque sea parcialmente, una serie de requisitos validatorios; la validación real será aplicarlo al ciberespacio y ver que responde a los problemas que en éste se plantean. Para ello, Checkland propone nueve condiciones que si se cumplen, y sólo si se cumplen, aseguran que el modelo es un sistema formal.

d) Humanización/Convivialidad

Un Sistema de Diseño Participativo [10] debe comprender herramientas para poder acceder al ciberespacio, para poder realizar las actividades y proporcionar soporte a las actividades en grupo, a las funciones del ciberespacio.

El problema de la accesibilidad tiene relación muy estrecha con la tecnología. A fin de cuentas, se trata de decidir entre adaptar la tecnología al hombre o el hombre a la tecnología. Esta adaptación se produce, o se debiera producir, a todos los niveles, ya que la interacción con el hombre existe desde el más pequeño procesador de texto al mayor sistema distribuido de datos. Cada nivel exige un tipo de accesibilidad distinto, pero no por ello menos necesario que otros.

Las herramientas han de estar diseñadas de tal forma que faciliten su utilización aproximando la forma de interacción

con la computadora a aquella otra que le es más natural al hombre [11]. Evidentemente, el grado de accesibilidad depende también del "estado del arte" de la tecnología.

Pero la accesibilidad, en su definición inicial, es algo más que la facilidad de uso [12]. Esto convierte a la accesibilidad en una parte muy importante de la informática en general y del diseño participativo en particular, y más aún cuando la tecnología es cada vez más compleja y más especializada.

e) Tecnología de Diseño Participativo

Se plantea el concepto de integración como un nexo de unión entre los diferentes niveles y para dar cohesión a cada uno de ellos. También, como la base que soporta actualmente el grado de accesibilidad generado por la tecnología.

Un buen diseño de un Sistema de Diseño Participativo ha de utilizar unos criterios que le permitan evolucionar con la tecnología, pero sin depender de ésta para solucionar los problemas que se le plantean. El Sistema de Diseño Participativo más simple y tradicional ha consistido siempre en intentar accesibilizar al ciberespacio con textos alternativos [6].

Son muchos los ejemplos en que se llama sistema del ciberespacio a herramientas aisladas, y el intercambio de información es uno de los casos más claros. Esto sucede porque se interpreta erróneamente la accesibilidad. Por lo demás, un Sistema de Diseño Participativo no estará completo hasta que no comprenda los tres niveles del modelo. Dentro de éste, el grado de sistematización del ciberespacio crece a lo largo de tres ejes: 1) *integración intranivel*, 2) *integración internivel*, y 3) *integración humana*.

Por su parte, la integración internivel facilita la fase del acceso a la información entre los niveles. A nadie se le escapa que la intercomunicación en sí no es posible sin la interacción hombre-computadora-información. En este sentido, los sistemas tecnológicos del ciberespacio dependen de las herramientas que lo componen, pero al mismo tiempo, la creciente capacidad de proceso exige disponer de interfaces de comunicación efectivas. Ejemplo de esta integración ínter nivel puede ser la implantación de una interfase personal en la PC. Se trata de potenciar una herramienta a través de la accesibilidad para poder acceder a los datos. No se intenta variar la herramienta ni el método de comunicación, sino potenciarlos a través de la simbiosis entre ambos.

Por último, la integración humana aparece por el hecho ampliamente comentado de que al final siempre es el individuo quien maneja las herramientas o los sistemas. Esto implica

que la accesibilidad debe existir a todos los niveles y que tanto en las herramientas como en los sistemas se debe incorporar la tecnología apropiada para conseguir la humanización del diseño participativo. En las herramientas, este tipo de integración ha llevado a dotarlas de interfaces más convivenciales (accesibles) como los lectores de pantalla.

Al combinar los modelos de tres Niveles de Complejidad del Ciberespacio y del Diseño Participativo, así como el Modelo de Funciones, se obtiene el Modelo Completo del Ciberespacio y Diseño Participativo, indicado en la figura 3. En la parte superior de la figura 3, se representa el modelo de funciones, que comprende la consideración del *proceso de información*, *la comunicación* y *la coordinación y decisión* como actividades que se desarrollan en el entorno del ciberespacio. Es importante insistir, como se hace al desarrollar el modelo de funciones, en que este modelo trata de reflejar lo que se hace en el ciberespacio, independientemente de cómo o con qué se haga, es decir, independientemente de la tecnología utilizada. Por esta razón el Modelo de Funciones se relaciona con el Modelo de tres Niveles de Complejidad del Ciberespacio, en el que se consideran los procesos individuales, los procesos sistémicos y el proceso global.

Sistema de acceso audible a expresiones matemáticas digitales

La implementación reciente de MathML [13] en los navegadores y en los lectores de pantalla, abre finalmente la posibilidad del acceso a expresiones matemáticas en formato digital, para las personas con discapacidad visual. A continuación se presenta el método aplicado para realizar dicho sistema.

Para tal fin, como se muestra en el desarrollo de la presente investigación, basada en el Modelo de Complejidad de 3 Niveles del Ciberespacio y del Diseño Participativo así como el Modelo de Funciones, obteniendo el Modelo Completo del Ciberespacio y Diseño Participativo; emergieron las necesidades de falta de accesibilidad, indicando como una posible solución la "caja de herramientas" y por consiguiente la innovación de herramientas software. Para tal efecto, se investigó sobre las tecnologías y metodologías necesarias para facilitar la accesibilidad requerida.

Situación actual

En la actualidad, lo habitual para incluir expresiones matemáticas en documentos digitales es utilizar imágenes para las páginas Web o usar el formato interno del Editor de Ecuaciones para documentos en formato DOC, pero esta última es totalmente inaccesible. Por otra parte, la primera

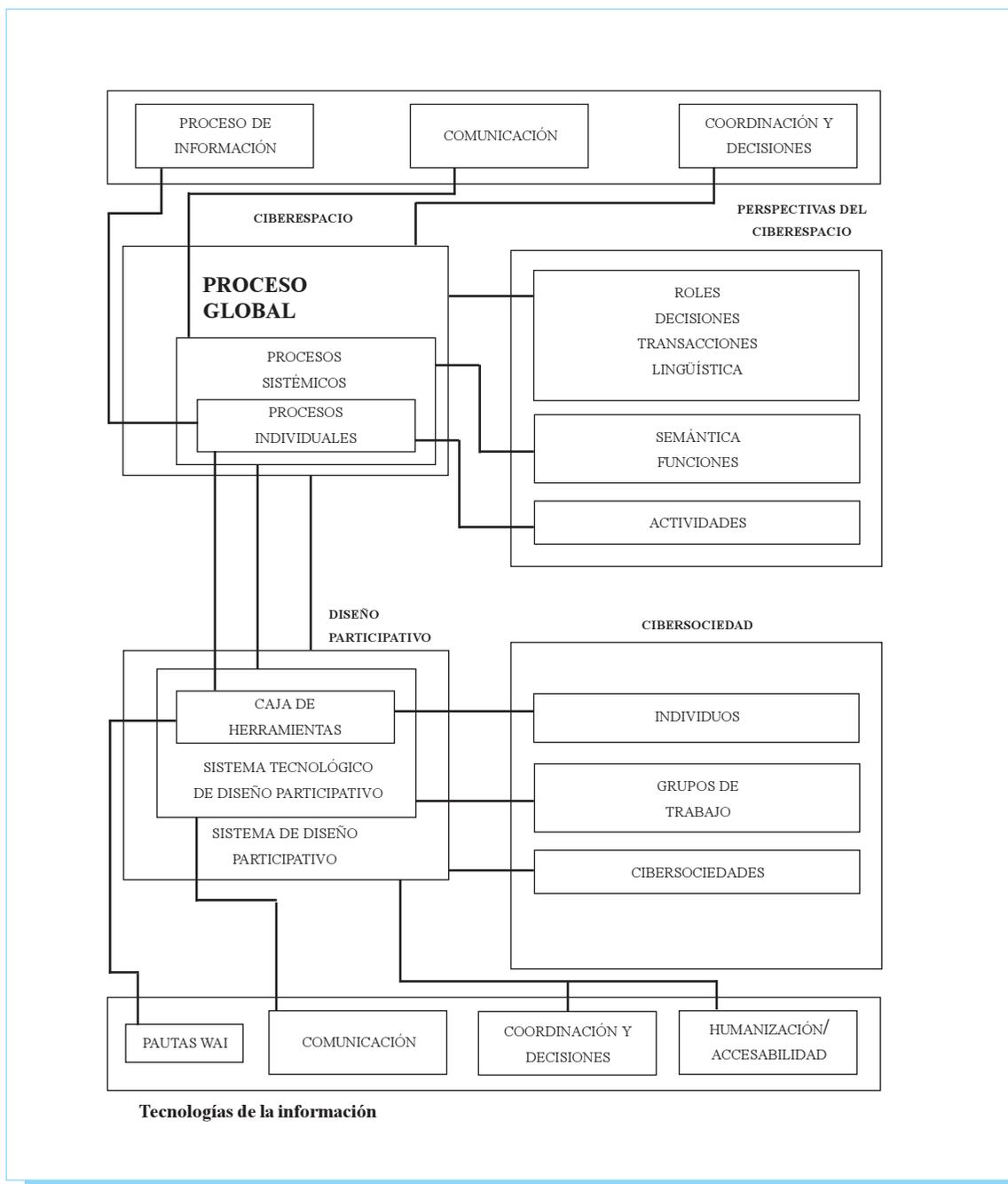


Fig. 3. Perspectiva completa del ciberespacio y el diseño participativo.

permite cierto grado de accesibilidad introduciendo textos alternativos (ALT) a cada expresión incluida en forma de

imagen pero esto resulta bastante laborioso, sobre todo si hay una cantidad importante de documentos preexistentes.

Editor de Ecuaciones de Word

La herramienta habitual utilizada para producir expresiones matemáticas ha sido Word con el Editor de Ecuaciones 3.0 [14]. El lector de pantalla Jaws [15] permite acceder a textos digitales pero las fórmulas matemáticas en Word producidas por el Editor de Ecuaciones resultan totalmente inaccesibles para esta herramienta.

Herramientas utilizadas

MathML

Es un lenguaje de marcado creado para poder incluir expresiones matemáticas en la Web, superando así las limitaciones que en ese sentido posee HTML, con lo cual las expresiones pueden ser buscadas, cortadas, pegadas y reutilizadas en otros documentos o en programas de procesamiento simbólico y también representadas en múltiples modos (visuales, sonoros, táctiles). En su diseño se ha tenido en cuenta su accesibilidad para los lectores de pantalla. MathML es una aplicación de XML y puede ser considerada un módulo de XHTML. Tal como sucede con los editores de páginas Web, actualmente existen editores de expresiones que permiten crearlas y producir el código MathML sin que el usuario tenga que involucrarse con este, incluso estos editores se van integrando a los editores de páginas Web. Los editores de MathML utilizados comúnmente son Amaya, MathType 5.2 [16], etcétera.

Los navegadores ya están incluyendo la capacidad de representar las expresiones matemáticas contenidas en páginas Web en formato MathML, entre ellos: Amaya (incluye editor) e Internet Explorer 6.0 (requiere el plug-in MathPlayer) [17].

MathML incluye dos formas de marcado que deben producir representaciones iguales, una de ellas es llamada marcación por presentación y la otra marcación por contenido. Están relacionadas con las dos formas en que puede pensarse o leerse cualquier expresión matemática. Por ejemplo "x5" puede ser descrita en el contexto computacional de dos maneras: "equis exponente cinco" o "equis elevado a la quinta potencia"; en el primer caso se está describiendo por presentación y en el segundo por contenido.

MathType

Esta herramienta es una versión ampliada del Editor de Ecuaciones de Word, producida por la misma empresa que este (Design Science). Al instalarla reemplaza al Editor de Ecuaciones y se agrega como nueva entrada en los menús de Word, permitiendo la edición de expresiones matemáticas y

además posee una variedad de prestaciones adicionales, entre ellas tiene la opción "Exportar a MathPage" (Export to MathPage), a través de la cual genera un documento XML en el que las expresiones están incluidas en formato MathML.

MathPlayer

Es una herramienta (plug-in gratuito) para que Internet Explorer represente en pantalla las expresiones matemáticas incluidas en forma de MathML en una página Web. Incluye la posibilidad de agrandar en el momento de la navegación el tamaño de la expresión y también puede pronunciar la misma, necesitando que esté instalado Microsoft Reader y su sintetizador de voz.

Jaws

La versión 5.0 del conocido lector de pantalla posee compatibilidad con MathML y con MathPlayer + Internet Explorer. Si bien esta versión de JAWS aún no posee traducción al español, puede seleccionarse el sintetizador en este idioma, con lo cual posee una funcionalidad relativamente adecuada, salvo los menús.

Método

El método propuesto, consiste de las siguientes etapas:

- o Instalar MathType en el procesador de textos Word.
- o Instalar el plug-in MathPlayer para el navegador Internet Explorer (versión 6.0 o mayor).
- o Editar las expresiones matemáticas en Word con MathType que se pretendan presentar en la página Web deseada, por medio del navegador Internet Explorer.
- o Exportar el código de las expresiones matemáticas con (*Export MathPage*) editadas en Word con MathType, con lo cual se tendrán las expresiones matemáticas en lenguaje MathML y se presentarán en la página Web (formato htm), pudiendo ser accedidas de forma audible por el usuario con el lector de pantalla Jaws 5.0, como se presenta a continuación.

Fórmula para solución de ecuaciones de segundo grado

$$x = \left[\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \right]$$

El lector de pantalla leerá: *x* igual a paréntesis izquierdo inicia fracción; menos *b* más menos inicia raíz cuadrada de

b cuadrada menos $4ac$ fin de raíz sobre $2a$, fin de fracción paréntesis derecho.

Integral

$$\int_{-\infty}^{+\infty} 4x^3 dx$$

El lector de pantalla leerá: integral de menos infinito a más infinito de cuatro x cúbica dx .

Gradiente

$$\nabla (x_1, x_2, x_3) = x_1^3 + 2x_2 + x_3^2 + 1$$

El lector de pantalla leerá: gradiente del vector paréntesis izquierdo x_1 coma x_2 coma x_3 paréntesis derecho igual a x_1 cúbica más $2x_2$ más x_3 cuadrada más 1 .

5. Conclusiones

La presente investigación se basó en la Metodología de Sistemas Suaves (SSM) de Checkland así como en el Modelo de Complejidad de tres Niveles de Sáez Vacas, obteniendo un modelo que permitió emergieran las necesidades de Accesibilidad en el ciberespacio (Web), así como en un conjunto de herramientas tecnológicas que han surgido en la actualidad y que sin duda revolucionarán el estado del uso del medio digital para expresiones matemáticas, produciendo un gran impacto en su accesibilidad por parte de los usuarios discapacitados visuales.

El enfoque sistémico permitió obtener una perspectiva global sobre la Web accesible en el sentido no acordado en un principio, detalladamente el subsistema de la accesibilidad a expresiones matemáticas digitales; previamente se analizó un panorama del ambiente externo del mismo, sus objetivos, recursos y principales características.

En el Modelo de Complejidad de tres Niveles del Ciberespacio se propone una nueva forma de ver el ciberespacio a través de la complejidad. Lo más destacable de este modelo, y nexo de unión entre todos los demás, es el factor humano. Los niveles de complejidad se asocian a la relación entre la consideración de las actividades del ciberespacio y el agente que las realiza. De esta forma se llega a distinguir entre procesos individuales, procesos sistémicos y proceso global, según sean los agentes implicados individuos, grupos o cibernsiedad.

Siguiendo la misma estructura de este primer modelo, se tiene el Modelo de Diseño Participativo, donde se realizan las mis-

mas distinciones pero en función de la tecnología. Los niveles establecidos son herramientas individuales, sistemas tecnológicos del ciberespacio y sistemas de diseño participativo. Con estos dos modelos se dispone de un esquema conceptual completo para analizar el ciberespacio y la tecnología asociada. La conclusión más importante de relacionar estos dos modelos es que cualquier aproximación tecnológica a los problemas del ciberespacio ha de hacerse teniendo en cuenta los tres niveles y sólo de esta forma se podrá disponer de soluciones que no se limiten a aspectos concretos. El Modelo del Ciberespacio proporciona una idea exacta de cómo ha de concebirse el diseño tecnológico para adaptarlo al ciberespacio, el Modelo de Diseño Participativo clasifica la tecnología según el nivel al que se aplique.

El Modelo de Funciones, establecido a partir de la metodología de sistemas suaves, es el complemento de los otros dos, el de los tres niveles y el de diseño participativo. A través de él se pueden observar las diferentes categorías de las actividades en el ciberespacio, distinguiéndose entre proceso de información, comunicación, coordinación y decisión. Mientras que los modelos de niveles de complejidad parten de la relación establecida entre el ciberespacio y el diseño participativo con el factor humano –y, por supuesto, los niveles de complejidad distinguibles desde el punto de vista de los sistemas– el Modelo de Funciones parte de una definición del ciberespacio en el que se ponen de manifiesto los aspectos más relevantes de las actividades en éste en función de su alcance. Con este modelo se tiene una perspectiva completa de cuál es la situación en el ciberespacio en cuanto al tipo de tareas que se llevan a cabo.

Al relacionar los tres modelos aparecen dos conceptos muy importantes: la Accesibilización e Integración. El concepto de Accesibilización permite concebir el desarrollo tecnológico en función del nivel de Integración, concepto que establece la dependencia funcional entre los niveles y dentro de éstos. Con ellos se tiene completo el cuadro del ciberespacio y del diseño participativo. Así, se dispone de un modelo dinámico que sirve no sólo como pauta de diseño tecnológico, sino como base para el diagnóstico de tecnologías e implementaciones. Un modelo capaz de absorber el desarrollo tecnológico sin perder validez y que permite analizar éste en función de sus aplicaciones; un análisis detallado puede llevar incluso a marcar líneas de innovación futuras en función de los niveles propuestos por el modelo, lo cual se aplicó en la presente investigación basándose en la "caja de herramientas" como una solución e innovación a la problemática presentada.

Se diseñó el Sistema de Acceso Audible a Expresiones Matemáticas Digitales, obteniendo resultados funcionales y de

aplicaciones satisfactorias, logrando así acceder de forma audible a expresiones matemáticas digitales en la Web.

Lo anterior permite acceder a expresiones matemáticas a personas con discapacidad visual, con lo cual dichas personas podrán estudiar carreras de ingeniería.

6. Referencias

- [1] Booth et al. (2000). Evaluating Web Resources for Disability Access. ACM SIGCAPH Conference on Assistive Technologies. 2000, pp. 80-84.
- [2] OMS (2009). *Ceguera y discapacidad visual*. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/es/>
- [3] Checkland, P. y J. Scholes (1990). *Soft Systems Methodology in action*, J. Wiley & Sons, Chichester.
- [4] Bergvall-Kåreborn, B., Mirijamdotter, A. & Basden A. (2004). "Basic Principles of SSM Modeling: An Examination of CATWOE from a Soft Perspective", *Systemic Practice and Action Research*, 17 (2), 55-73.
- [5] Sáez Vacas, F. (1992). *Complejidad y tecnología de la información*, Inst. Tecn. Bull, Madrid; reimpr. 1994, E.T.S. Ing. Telecom., Madrid
- [6] World Wide Web Consortium (W3C, 1999). <http://www.w3c.org/>
- [7] Featherstone, Mike & Burrows, Roger (1995). *Cyberspace/ Cyberbodies/ Cyberpunk. Cultures o Technological Embodiment*. SAGE. London.
- [8] De Cindio, F. et al. (1988). "Computer based tools in the Language/Action Perspective", *Research into Networks and Distributed Applications*, R. Speth (Ed.), Bruselas.
- [9] Espejo, R. (1987). "Cybernetic Method to Study Organizations", Annual Meeting of the International Society for General Systems Research, Budapest.
- [10] Diseño Participativo (1999). Marco Metodológico para el Desarrollo de Sitios Web Accesibles http://www.nosolousabilidad.com/articulos/disenio_participativo.htm
- [11] Stephanidis, C. et al. (1998). *Universal Accessibility in HCI: Process oriented design guidelines and tool requirements*. <http://ui4all.ics.forth.gr/UI4ALL-98/stephanidis1.pdf>
- [12] Romero et al. (2001). *Análisis de la usabilidad y accesibilidad de páginas Web para usuarios invidentes*. ISAAC 2001. http://acceso.uv.es/unidad/pubs/2001-isaac/Isaac2001_ciegos.htm
- [13] Robert Miner and Jeff Schaefer, (1998). *A gentle introduction to MathML*. <http://www.dessci.com/en/reference/mathml/default.htm>
- [14] Word, versión 2003, Microsoft Systems <http://www.microsoft.com>
- [15] Jaws, versión 5.00.846, Freedom Scientific, Screen Reader (lector de pantalla). <http://www.freedomscientific.com>
- [16] MathType, versión 5.2, Design Science (editor de ecuaciones) <http://www.dessci.com/en/products/mathtype/trial.asp>
- [17] MathPlayer, versión 2.0, Design Science (plug-in software) <http://www.dessci.com/en/products/mathplayer/download.htm>

Periódica

Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias

<http://www.dgbiblio.unam.mx/>
http://132.248.9.1:8991/F/-/?func=find-b-0&local_base=PER01