

Adaptatividad de ayudas para ambientes e-learning

Javier M. Reyes Vera

Profesor Universidad del Valle

Cali, Colombia

CAMALEÓN, Grupo de investigación

Tel: +57 2 3212375

javier.reyes@correounivalle.edu.co

Paola-J Rodríguez-C

Profesora Universidad del Valle

Cali, Colombia

CAMALEÓN, Grupo de investigación

Tel: +57 2 3212100 ext 2283

paola.rodriguez@correounivalle.edu.co

ABSTRACT

This paper introduces the Adaptivity Model developed in the research project named "YUTO: Model of adaptive aids for e-learning environments." First, the conceptual elements on which it is based and its peculiarities are explained; then is shown how the functional prototype where the proposed model was addressed and finally, conclusions show the relevance of the Model, the use of BCI technology and its application in the educational context.

RESUMEN

El presente artículo tiene por objetivo dar a conocer el modelo de adaptatividad desarrollado en el proyecto de investigación de maestría "YUTO: Modelo de ayudas adaptativas para entornos e-learning". En el siguiente ítem se explican los elementos conceptuales en el que se fundamenta y sus particularidades, posteriormente la forma como se abordó el prototipo funcional donde se aplicó el modelo propuesto.

Al final se abordarán las conclusiones que tocan aspectos relacionados con la pertinencia del modelo, el uso de la tecnología BCI y su aplicación en un contexto.

Categories and Subject Descriptors

[Human computer interaction (HCI)]: HCI design and evaluation methods – *a User models, User studies, Usability testing.*

General Terms

Algorithms, Measurement, Documentation, Performance, Design, Experimentation, Human Factors.

Keywords

Adaptivity, BCI, e-learning, HCI.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes desafíos del desarrollo de software es que el producto final favorezca la interacción con los usuarios. Este reto se ha convertido en un elemento primordial de todo desarrollo que implique calidad. Por lo cual, hoy en día la Ingeniería de Software debe incluir acertadamente los conocimientos provenientes del HCI (Human Computer Interaction) y por ende de la usabilidad.

De esta forma, el proceso de desarrollo centrado en el usuario brinda elementos para crear software que responda a unos requisitos funcionales, favoreciendo adicionalmente la interacción, a través de la aplicación de principios de usabilidad como los planteados por [18] [29]. De esta forma muchos desarrolladores de software se han interesado en cumplir a cabalidad todas las heurísticas de usabilidad planteadas por estos reconocidos autores o cuando menos un porcentaje aceptable de estas.

A pesar de lo anterior, existe un elemento en el producto software que ha sido relativamente descuidado o poco abordado desde el punto de vista investigativo y de aplicación. Se trata de los sistemas de ayuda, los cuales se han convertido en un protocolo obligado que toda aplicación informática debe cumplir, quizás por esa pretensión recurrente de imprimirle calidad al software [10].

La manera como se lleva a cabo la creación de las ayudas es un tanto confusa, ya que no existen metodologías adecuadas, ni guías de estilo que sean ofrecidas a los desarrolladores como insumos para su construcción, incluso se afirma que son métodos basados en prueba y error [20]. Esto, sumado al escaso tiempo que se dedica para su implementación [24] y desde luego considerando que este tiempo se da en las etapas finales del desarrollo, repercute en ayudas de muy baja calidad que difícilmente son acertadas y aceptadas por los usuarios finales.

En [25], se presenta un ejemplo de lo antes indicado. Este trabajo se basó en la realización de un conjunto de pruebas de usabilidad, aplicadas a un grupo de usuarios de un sistema e-learning. Como resultado se evidenció que la baja frecuencia en el uso de las ayudas repercute en problemas de manipulación de los elementos de la interfaz. Por otra parte, el método de prueba y error adoptado por ciertos usuarios para realizar algunas tareas en la aplicación, devela unas ayudas ambiguas e impersonales.

Finalmente, el trabajo concluye que los usuarios prefieren realizar tareas que demanden baja complejidad para no cometer errores o perder tiempo, de esta forma se evidencia que la aplicación no es utilizada en su todo su potencial.

En esa medida, este trabajo de investigación presenta una alternativa de solución para el problema de impersonalización e imprecisión en las ayudas de un producto software, resarcendo así, el rol de las mismas en el proceso de gestión de los elementos de la interfaz.

2. AYUDAS DEL SISTEMA

Las ayudas se componen de tres elementos constitutivos que son el punto de partida para su creación: por su contenido, por su presentación y por sus mecanismos de acceso. El de contenidos tiene que ver directamente con los aspectos pedagógicos y didácticos de las ayudas. El de presentación se entiende como la forma en la cual son mostradas las ayudas a los usuarios, para ello se tiene en cuenta un conjunto de criterios de diseño de la información visual. Con respecto al acceso se estudia la manera como el usuario puede retroalimentarse constantemente con las ayudas presentadas de un sistema [13].

2.1 Tipos de Ayudas

Haciendo una revisión de los textos académicos al respecto de las ayudas su clasificación se hace de acuerdo con los objetivos del sistema que son: el primero es comprar en el que la ayuda básicamente es un demo; el segundo es aprender en el que la ayuda se materializa como un paseo guiado por el programa o sistema (tutorial); y el tercero es usar que comprende el sistema de ayuda o documentación en línea [5] citado en [13]. Como el interés del presente proyecto se enfocó en el mejoramiento de uso del sistema, el estudio se centró en los sistemas de ayuda o documentación en línea.

Una de las taxonomías más completas de las ayudas es la propuesta por [8] dado que las define desde una perspectiva funcional. Para efectos del desarrollo del presente proyecto de grado se estudiaron y se combinaron para finalmente tener un conjunto de ayudas que se subdividen en tres diversos subtipos [26]: Ayuda de Reconocimiento, Ayudas contextuales y Ayudas Orientadas a Tareas. La figura 1 ilustra los diferentes tipos de ayudas y sus relaciones.

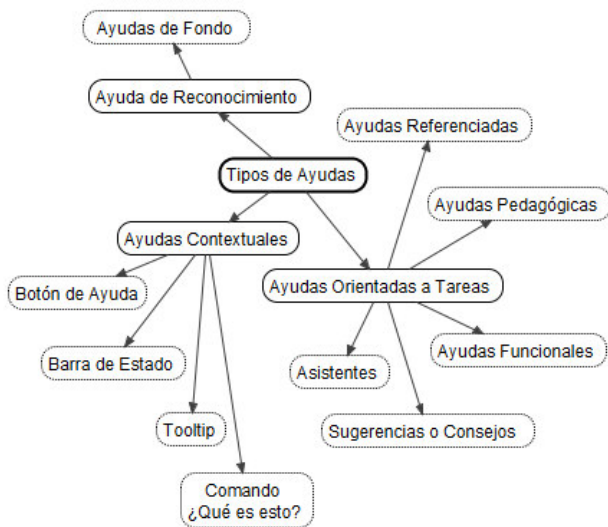


Figura 1. Resumen Tipos de Ayudas

3. ADAPTATIVIDAD

Debido al auge de las tecnologías de la información y la comunicación, actualmente, las personas acceden a gran cantidad de datos a través del Web, para la realización de sus actividades educativas, profesionales y de esparcimiento. En consecuencia, desde el área de conocimiento del HCI (Human Computer interaction) ha surgido el interés de proponer mecanismos que

permitan acceder de manera fácil, intuitiva y efectiva a dicha información [22] citado en [34] y en particular, se plantean la adaptatividad y la adaptabilidad como estrategias para mejorar la interacción.

Según [14] la adaptabilidad está relacionada con la personalización que puede darle un usuario a una interfaz de tal forma que consiga ajustar algunas propiedades de la misma para mejorar su desempeño; por otra parte, la adaptatividad se relaciona con la capacidad que tiene el sistema de autoconfigurarse según las necesidades intrínsecas del usuario, mejorando las cualidades prestacionales que brindan los elementos interactivos. Esta última estrategia es la de interés de este trabajo de investigación.

Primordialmente existen cuatro tipos de adaptatividad [32], [21]: En primer lugar se encuentra la adaptatividad de la presentación, que está relacionada con el “Cómo mostrar la información”, es decir, la disposición de los elementos como ventanas, botones, colores y tamaños de texto, etc. Por otro lado está la adaptatividad del contenido donde se estudia el “Qué mostrar”, esto es, la información más relevante según sean las necesidades de los usuarios. la adaptatividad de la navegación, que tiene en cuenta la gestión de las estructuras navegacionales (links, menús, etc). Finalmente, está la adaptatividad del contexto de uso, que se enfoca en las características del entorno en el que se desplegará la aplicación, como dispositivos móviles, embebidos, ancho de banda, sistemas operativos, etc.)

Para este proyecto se tuvo en cuenta aspectos relacionados con la adaptatividad de la navegación y la presentación, ya que es de interés gestionar los elementos navegacionales relativos a las ayudas y su forma de presentación acorde con las categorías de usuarios establecidas.

En general, el proceso de adaptatividad depende de la definición de un conjunto de modelos que abarcan diferentes dimensiones de lo que se desea adaptar. Los modelos mínimamente necesarios para la realización de la adaptatividad de la navegación y la presentación se resumen en cuatro a saber [7]:

1. Modelo del Conocimiento: Abstracción relativa al dominio de conocimiento sobre el que se quiere trabajar.

2. Modelo del Usuario: Representa la información propia del usuario que se considera de interés para el proceso de adaptatividad.

3. Modelo de Adaptatividad: Permite definir los mecanismos de inferencia para la realización de la adaptatividad, es decir, cuándo y de qué forma realizar este proceso. Este modelo requiere de la existencia de los anteriores, ya que la información contenida en dichos modelos es insumo para la resolución de las reglas de adaptatividad.

4. Modelo de Interacción: Se materializa a partir del modelado de la tarea el cual define los puntos de relevancia en los que es necesario ofrecer una ayuda al usuario.

4. BRAIN COMPUTER INTERFACES

Las Brain Computer Interfaces -BCI- son aplicaciones que permiten comunicar el cerebro con dispositivos mecánicos externos, involucran aspectos importantes como el control voluntario de las señales electroencefalográficas, la sincronización de ritmos cerebrales, la medición, interpretación y clasificación de esa actividad neuronal.

El correcto desempeño del sistema BCI depende del control de la amplitud de los ritmos cerebrales dado que esto repercute directamente en la manipulación bidimensional de los dispositivos conectados.

Los movimientos ya sean reales o imaginarios de una persona, provocan una cantidad importante de actividad cerebral, lo cual genera respuestas endógenas y exógenas. Los sistemas endógenos se basan en el reconocimiento de patrones cerebrales sin la necesidad de un estímulo externo, sino que se producen por la voluntad del usuario, por su parte los sistemas exógenos basan su control en los estímulos externos de los que obtienen su respuesta cerebral.

4.1 Arquitectura de un sistema BCI

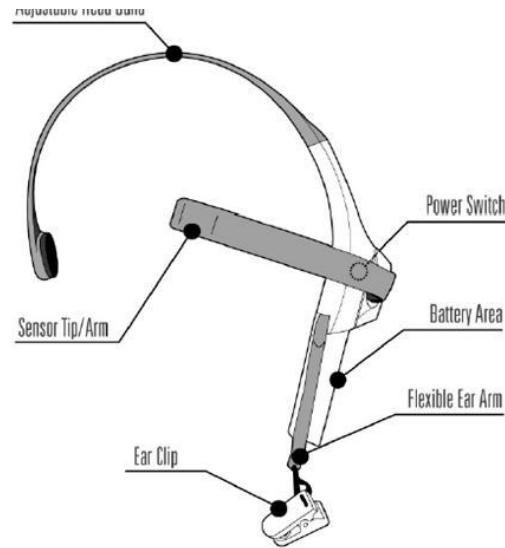


Como se observa en el gráfico [15], se adquieren las señales cerebrales, se pre-procesan con el objetivo de extraer, identificar y recolectar información, clasificarla y organizar los datos y trasladarlos en comandos entendibles para conectarlos con un dispositivo [17].

En este planteamiento se observa que la extracción de las señales implica un procesamiento que permite la manipulación de un dispositivo o aplicación externa. Para el modelo presentado en este proyecto, la adquisición de las señales será insumo para realizar el procesamiento (aplicando el algoritmo) y como resultado se ofrecerán las ayudas a la plataforma de acuerdo con los niveles de usuario, lo anterior será explicado en el siguiente ítem de este artículo.

En las últimas dos décadas el éxito de los estudios relacionados con fenómenos cerebrales ha cobrado gran relevancia debido al abaratamiento del hardware y el software, y empresas especializadas como Emotiv® y Neurosky® han desarrollado algunas aplicaciones orientadas al público general. Sin embargo, a pesar de estos avances la mayoría de las aplicaciones siguen estando limitadas al laboratorio. Es claro que para ampliar la aplicabilidad de BCI se requiere una mayor facilidad de uso que a su vez implica un tiempo dedicado a la preparación, la formación y la calibración.

4.2 Neurosky®



Neurosky® es un sistema de BCI que captura las señales cerebrales a partir del Mindwave Headset el cual tiene un sensor ubicado en la parte frontal de la cabeza y un clip que va en la oreja izquierda del usuario, convierte las señales cerebrales en acciones. Tiene la propiedad de reportar los estados mentales del usuario, es decir Atención y Meditación utilizando unos algoritmos propios denominados eSense. Este dispositivo se utiliza para el soporte de video juegos, investigación de software y otras aplicaciones que favorecen la experiencia de usuario.

En el proyecto YUTO se propuso generar ayudas de forma adaptativa a partir de los datos emitidos por el dispositivo (Atención y Meditación) del usuario con la finalidad, por un lado, de medir la apreciación subjetiva del usuario con respecto al uso de una interfaz y por otro para medir el grado de memorización basado en los valores de la Atención. Todo esto se corrobora con pruebas realizadas en usuarios piloto utilizando un prototipo funcional especialmente desarrollado para el proyecto.

De esta manera, utilizar Neurosky® para este proyecto de investigación ayudó no sólo a abrir el panorama de aplicación de nuevas tecnologías, sino que estableció unos criterios concretos que permitieron medir de forma más concreta elementos que antes eran muy difíciles de medir y/o bastante difusos.

5. MODELO -YUTO-

El modelo de adaptatividad propuesto está compuesto por 4 modelos: Modelo de la Ayuda, Modelo del Usuario, Modelo de Adaptatividad y Modelo de la Interacción, lo cuales se explican a continuación:

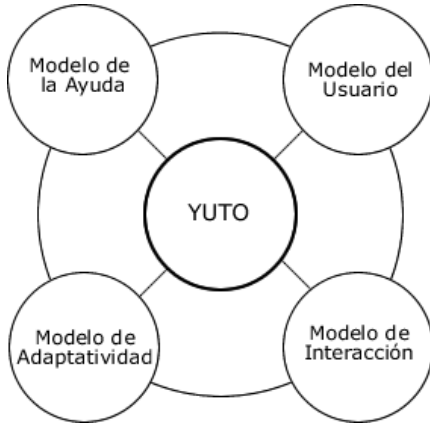


Figura 2. Modelo de Adaptatividad

5.1 Modelo del Usuario

El modelo del usuario está definido en dos momentos:

1. **Inferencia base:** Determinación del tipo de usuario a partir de los datos demográficos, el cual es auto calculado al momento de creación del usuario en el sistema.

2. **Inferencia adaptativa:** Una vez inicia se inicia la interacción y se cuenta con los datos BCI.

La inferencia base, toma tres datos: Edad (E), Escolaridad (Es) y Facultad (F), cada uno de ellos con diferentes porcentajes que permiten asociar al usuario a cuatro tipologías distintas las cuales van a estar asociadas a los tipos de ayuda ofrecidas.

La inferencia adaptativa, considera la Atención (A) y Meditación (Me); Me es una variable de control que permite definir si los valores obtenidos de A se dan realmente por la actividad que está realizando el usuario con la plataforma en ese momento.

Es importante destacar que los datos demográficos considerados en este modelo son cualitativos y tienen un cambio muy lento en el tiempo, mientras que los datos obtenidos con el dispositivo BCI son dinámicos y cuantificables, además dependen de la interacción del usuario con el sistema, es decir, son en tiempo real. Por esa razón los segundos tienen un peso mayor con respecto a los primeros y son tenidos en cuenta para la reclasificación del estado del usuario y por ende de la asociación de las ayudas.

Respecto a los usuarios y sus niveles

El concepto usuario se refiere a la persona que interactúa con una interfaz con la finalidad de suplir sus objetivos planteados [3], diversos han sido los autores que han abordado el tema y han propuesto una subdivisión de los usuarios (particularmente los usuarios web). Estas subdivisiones se basan principalmente en la frecuencia de uso del sistema [6], en el grado o el tipo de

implicación en un proyecto [2] en el uso directo o indirecto del sistema [16], en el rol en la proyectación, en el desarrollo y la utilización del sistema [30].

Sin embargo, la clasificación sigue siendo basada en la experticia del usuario, por ejemplo la clasificación planteada por [23] en la que los usuarios se clasifican en inmigrantes y nativos digitales, donde comenta que los nativos son aquellos nacidos después de los noventa y los inmigrantes son aquellos que nacieron antes, por esa razón hay marcadas diferencias entre unos y otros.

Entendiendo este fenómeno como un problema de interpretación, pensar en las particularidades de los usuarios se convierte en un problema que atañe a todos los proyectos de investigación que involucren usuarios, de esa manera, resolver la adaptatividad de las interfaces es un tema que cobra fuerza. Por tal razón, para la definición de las categorías de usuario se tomó como base el trabajo desarrollado por [12] donde los usuarios son categorizados de acuerdo con un conjunto de características. Esta forma de categorizar ofrece un conjunto de características que permite asociar las ayudas relacionándolas de forma directa con la interacción de los usuarios.

De esta manera se encuentran cinco tipos de usuarios con características perfectamente definidas, a continuación se explican las características que implica cada uno de estos tipos:

1. Observador (U1): Realiza un paneo general de la información que la aplicación ofrece igual que el anterior, sin embargo, hace una observación más reflexiva del contenido intentando encontrar elementos que le permitan hacer relaciones que favorezcan la recordación de los procesos.

2. Orientado a Objetivos (U2): Al igual que el anterior, realiza un paneo general de la información dispuesta pero realiza una experimentación activa con respecto a la información y/o los enlaces presentados.

3. Arriesgado (U3): Realiza una experimentación activa y directa con respecto a la información pero su experiencia se realiza en torno a actividades concretas y no tan genéricas, es decir realiza una actividad por vez con la finalidad de buscar indicios que permitan mejorar su recordación.

4. Pionero (U4): Realiza una experiencia concreta con respecto a la información, es decir el paneo se hace de manera genérica pero centralizada en la tarea que se quiere desarrollar y hace una observación reflexiva del entorno intentando buscar relaciones basadas en conocimientos previos.

A continuación en la tabla 1 se observan las características generales que implica cada tipo de usuario.

Tabla 1. Usuario y sus características.

Tipo de Usuario	Características
U1	Conceptualización abstracta y observación reflexiva.
U2	Conceptualización abstracta y experimentación activa.
U3	Experiencia concreta y experimentación activa.
U4	Experiencia concreta y observación reflexiva.

Datos demográficos

Como ya se explicó, las variables demográficas no permiten realizar operaciones matemáticas con ellas dado que son cualitativas. Como lo que se propone en este modelo es realizar un cálculo matemático, se realizará una conversión de esas variables a una escala numérica que permitirá realizar comparaciones entre las variables de tipo demográfico y las de tipo afectivo (estas últimas están en escala de 0 a 1).

1. Edad (E'):

El primer dato demográfico que se tiene en cuenta en el presente modelo es la edad. De acuerdo con lo observado en [18], [19], [23], [28], [31] se propone hacer una clasificación de los usuarios a partir de la edad, se han tomado unos rangos que permiten inferir el nivel de dominio del usuario con el uso de la tecnología. En la tabla 2 se muestra la relación de la edad y las categorías de usuarios definidas en el sistema.

Tabla 2. Relación Edad - Categorías de usuario.

	E1'	E2'	E3'	E4'	E5'
U1'					
U2'					
U3'					
U4'					

La tabla anterior relaciona la edad en intervalos de 10 años así:

- E1': [20, 30)
- E2': [30, 40)
- E3': [40, 50)
- E4': [50, 60)
- E5': [60, 70)

2. Escolaridad (Es'):

La educación juega un papel importante dado que es necesario tener ciertas competencias que ofrezcan una capacidad de respuesta pragmática e intuitiva ante desafíos y oportunidades, además que permitan explotar las potencialidades de la tecnología [9] citado en [1] y para ello es necesario conocer al menos cuatro cosas: cómo conectarse, cómo realizar búsquedas, cómo guardar información y cierto cuerpo de conocimientos (es decir, vocabulario especializado, manejo de iconos, gestión de archivos...) [33] citado en [1]. Por otra parte, la ampliación del acceso a la tecnología está en estrecha relación con el nivel de escolaridad dado que para un académico es necesario acceder a información actualizada que sólo se consigue con el uso acertado de bases de datos de revistas científicas que se acceden en su mayoría a través de internet [11]. Un usuario con estas competencias tendrá una mayor facilidad en el desarrollo de los procesos de interacción e incrementará la velocidad de respuesta frente a los retos que implica el uso de la tecnología.

De esta forma, la Escolaridad (Es') expresa la manera como el usuario accede a la tecnología a partir de su nivel de estudios y ayuda a inferir la familiaridad del usuario con la tecnología; este

aspecto tiene relevancia dado que, de acuerdo con cada nivel, la relación se hace más estrecha en la medida que se acerca a niveles superiores.

A continuación se muestra en la tabla 3 esa relación.

Tabla 3. Relación Escolaridad - Categorías de usuario.

	Es1'	Es2'	Es3'	Es4'
U1'				
U2'				
U3'				
U4'				

Es1': Pregrado

Es2': Especialización

Es3': Maestría

Es4': Doctorado

Para evitar inconsistencias, se tendrán en cuenta solamente los últimos niveles aprobados por el usuario.

3. Facultad (F'):

Este dato expresa la continua relación con la tecnología. Aunque en muchos casos se pueden presentar excepciones, la tendencia indica que la gran mayoría de usuarios que pertenezcan a una u otra área de conocimiento tendrán un contacto más directo con el uso de la tecnología, lo cual los llevará a comprender mejor las dinámicas que estas demandan. Teniendo en cuenta el informe [4], donde se muestra el uso del campus virtual por facultades, se observó una tendencia que es tomada como base en este modelo para la asignación de los tipos de usuarios respecto a la facultad. Dicha relación se observa en la Tabla 4.

Tabla 4. Relación Facultad - Categorías de usuario.

	F1'	F2'	F3'	F4'	F5'	F6'	F7'
U1'							
U2'							
U3'							
U4'							

Cada uno de los valores expresa los niveles de estudio así:

- F1': Artes Integradas, Instituto de Educación y Pedagogía, Instituto de Psicología.
- F2': Ciencias Naturales y Exactas
- F3': Ciencias de la Administración
- F4': Salud
- F5': Ciencias Sociales y Económicas
- F6': Humanidades
- F7': Ingeniería

Datos obtenidos a partir de BCI

1. Atención (A):

Tipos de Variable	Variables	Descripción	Tipo de dato	Origen
Datos demográficos	E'	Edad	Entero	BD
	Es'	Escolaridad	Cadena	BD
	F'	Facultad	Cadena	BD
Afectivas	A	Atención	Real	Neurosky
	Me	Meditación	Real	Neurosky

Como ya se explicó, el mayor valor indica un grado de atención mayor, este valor va de 0 a 100 y son registros que se hacen cada 10 segundos con el dispositivo que permite medir la actividad cerebral. Para efectos de la interpretación del presente modelo, el factor va a estar multiplicado por 0.01.

Así, en la tabla 5 se muestra la relación de los valores en unos intervalos con respecto a las categorías de usuario propuestas en este modelo.

Tabla 5. Relación Atención - Categorías de usuario.

Cat. Usuario	0.0 - 0.25	0.26 - 0.5	0.51 - 0.75	0.76 - 1.0
U1'				
U2'				
U3'				
U4'				

Es importante destacar que los intervalos son cerrados por la izquierda y abiertos por la derecha a excepción del último intervalo considerado (pues su límite es 1.0), de esta manera tendremos que el valor 0.2 va a estar ubicado en la columna de la derecha y no de la izquierda (en este caso estará asociado al tipo de U2').

2. Meditación (Me):

Los niveles de meditación varían de acuerdo con la intensidad registrada por el dispositivo, en la medida en que el número es mayor, el grado de meditación es mayor. De igual manera, el grado de A aumentan en la escala de acuerdo con Me, esa relación de usuarios y nivel de emoción se muestra en la tabla 6. Como los valores van de 0 a 100, para la integración de los factores tomados se va a multiplicar por 0.01.

Tabla 6. Relación Meditación - Categorías de usuario.

Cat. Usuario	0.0 - 0.25	0.26 - 0.5	0.51 - 0.75	0.76 - 1.0
U1'				
U2'				

U3'				
U4'				

5.2 Modelo de Adaptividad

El Modelo de Aptatividad busca relacionar un conjunto de valores asignados en cada una de las variables presentadas (Ver Tabla 7), estos valores tienen unos pesos de acuerdo con las particularidades y jerarquías de las variables que se toman.

Tabla 7. Variables y forma de selección.

Como previamente se enunció, el modelo toma el conjunto de los datos del usuario residentes en la Base de Datos del sistema, este conjunto de variables tendrá un peso del 30 % en todo el modelo. Por otra parte, el conjunto de datos afectivos será tomado por el dispositivo en tiempo real y tendrá un peso del 70%. La razón que explica los pesos está relacionada con la dinamicidad y veracidad de la información que se obtiene de cada usuario, donde los aspectos demográficos si bien dan indicios de las características del usuario, no son tan evidentes en cuanto a la especificidad que busca la clasificación. En cambio, los datos obtenidos de la interacción directa con el sistema son más fiables.

Aspectos Demográficos y sus factores

Todas estas variables se les asignará un factor de 0.0 a 1.0 que será constante y estará en consecuencia con los datos obtenidos de las variables, el objetivo es relacionarlos al final con los tipos de usuarios.

Factor Edad:

Respecto al factor asignado para la edad tendremos,

E1: 1.0 es la relación de $E1' | U4'$

E2: 0.8 es la relación de $E2' | U3'$

E3: 0.6 es la relación de $E3' | U2'$

E4: 0.4 es la relación de $E4' | U1'$

E5: 0.2 es la relación de $E5' | U1'$

Factor Escolaridad:

Tendremos,

Es1: 0.25 es la relación de $Es1' | U1'$

Es2: 0.5 es la relación de $Es2' | U2'$

Es3: 0.75 es la relación de $Es3' | U2', U3', U4'$

Es4: 1.0 es la relación de $Es4' | U4'$

Factor Facultad:

Tendremos,

F1: 0.14 es la relación de $F1' | U1'$

F2: 0.70 es la relación de $F2' | U4'$

F3: 0.70 es la relación de $F3' | U4'$

F4: 0.28 es la relación de $F4' | U2'$

F5: 0.14 es la relación de $F5' | U1'$

F6: 0.57 es la relación de $F6' | U3'$

F7: 0.85 es la relación de $F7' | U2'$

Definición del nivel de usuario

Para definir el usuario se tienen en cuenta los pesos totales de acuerdo con la siguiente ecuación,
Caso inicial (Inferencia Base) sería:

$$U = E*0.2+Es*0.4+F*0.4$$

Cuando ya se tienen datos de A y Me (Inferencia Adaptativa):

$$U = (E*0.2+Es*0.4+F*0.4)*0.3+(A*0.6+Me*0.4)*0.7$$

Donde:

U = Factor de Nivel del Usuario

E = Factor de Edad

Es = Factor de Escolaridad

F = Factor de Facultad

A = Nivel de Atención

Me = Nivel de Meditación

5.3 Modelo de Interacción

La relación tipo de usuario - ayuda está en función de las características que tienen los usuarios propuestos por el modelo.

La tabla 8 muestra el tipo de información que debe considerarse para estos tipos de usuario.

Tabla 8. Estrategias para la presentación de ayudas.

Tipo de Usuario	Estrategias de presentación de ayudas
U1	Usar pasos claros para guiarlos, crear experiencias positivas para recordar y recompensar.
U2	Usar pasos claros para guiarlos, dar varias opciones para escoger y recompensar.
U3	Proveer opciones a explorar y escoger, ofrecer experiencias agradables y positivas para recordar, permitirles ser promotores de experiencias.
U4	Proveer opciones a explorar y escoger, permitirles ser promotores de experiencias.

Relación Tipos de usuario - Ayudas

Los tipos de ayudas ofrecidas al usuario son las siguientes:

Tabla 9. Relación referencia de de ayudas.

Tipo	Ayuda	Referencia
Ayuda y reconocimiento	Ayudas de Fondo	Ay1
Ayudas contextuales	Botón de ayuda	Ay2
	Barra de estado	Ay3
	Tooltip	Ay4
	Comando ¿Qué es esto?	Ay5
Ayudas orientadas a tareas	Ayudas Funcionales	Ay6
	Ayudas Pedagógicas	Ay7
	Ayudas Referenciadas	Ay8
	Asistentes	Ay9
	Sugerencias o consejos	Ay10

Como ya se enunció, las ayudas del sistema están asociadas directamente al tipo de usuario [11] que se ha asignado. Una vez definido el nivel de usuario se hace la asignación de las respectivas ayudas del sistema. En la tabla 9, se muestra esa relación.

Respecto a los subcomponentes de la ayuda tienen las siguientes características, las cuales fueron consideradas para el desarrollo del proyecto:

- **Ayudas de fondo:** Son instrucciones cortas paso a paso, son concretas y enfocadas en las tareas.
- **Botón de Comando de Ayuda:** Instrucciones paso a paso.
- **Mensaje de Barra de estado:** Muestra el estado actual de los ítems seleccionados.
- **Tooltip:** Información breve en contexto.
- **Comando ¿Qué es esto?:** Información concreta respecto a la funcionalidad del sistema o de lo que se selecciona.
- **Ayudas Funcionales:** Son instrucciones cortas relacionadas con la secuencialidad de las acciones.
- **Ayudas Pedagógicas:** Muestra contenidos claves centrados en el uso de diversas herramientas con fines pedagógicos.
- **Ayuda referenciada:** Página web externa con todo el contenido.
- **Asistentes:** Es una imagen o animación.
- **Sugerencias o Consejos:** Instrucciones cortas, concisas y directas.

Luego de un análisis se decidió omitir de la taxonomía de las ayudas la denominada Comando ¿qué es esto? Ay5 dado que el Tooltip Ay4 suple su funcionalidad.

Las Ayudas de Fondo son funcionalmente similares a las funcionales, dado que las funcionales son más completas.

La Barra de estado no retroalimenta a un usuario común respecto a lo que se busca de la funcionalidad de la interfaz. Es decir, es irrelevante para los fines de este modelo.

Así se tendrán 7 ayudas diferenciadas:

- 1- Botón de ayuda. Ay2
- 2- Tooltip. Ay4
- 3- Ayudas Funcionales. Ay6
- 4- Ayudas Pedagógicas. Ay7
- 5- Ayudas Referenciadas. Ay8
- 6- Asistentes. Ay9
- 7- Sugerencias o consejos. Ay10

La ayuda va a estar formada por paquetes, cada funcionalidad que se cree dentro del sistema va a ser un módulo.

En la tabla 10 se asignan las ayudas de acuerdo con las características enunciadas.

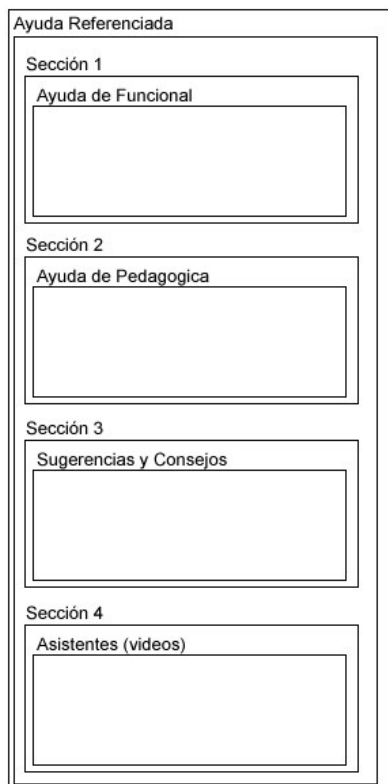
Tabla 10. Relación Tipos de Usuarios - Ayudas.

	Ay2	Ay4	Ay6	Ay7	Ay8	Ay9	Ay10
U1 - Mesurado							
U2 - Observador							
U3 - Orientado a Objetivos							
U4 - Arriesgado							

5.4 Modelo de Ayudas

El modelo de la ayuda permite entender cuáles son las ayudas, sus características y estructura.

Taxonomía de las Ayudas



Como ya se explicó al principio de este artículo, las ayudas están divididas en tres categorías: Ayuda de reconocimiento, ayudas contextuales y ayudas orientadas a tareas (Ver Figura 1).

Para el presente modelo, las ayudas se proponen como componentes independientes que se crean de acuerdo con los tipos de ayudas ya estudiadas, son modulares y actualizables.

Los subcomponentes que tienen la ayuda que son completamente independientes son:

En el siguiente diagrama, las ayudas referenciadas están conformadas por otras ayudas que la construyen a partir de sus propios contenidos, de esta forma se le mostrará al usuario un archivo que comprende las ayudas funcionales, las pedagógicas, sugerencias y consejos; y los asistentes.

Así, las ayudas pueden actualizarse y complementarse, de acuerdo con las necesidades de cada módulo en particular.

6. PROTOTIPO FUNCIONAL

Se realizó un prototipo funcional para corroborar el modelo y el grado de memorización del uso de la interfaz por parte de usuarios piloto. Para su desarrollo se tomó como base la actividad "Crear Cuestionario" de la plataforma e-learning -MOODLE-. Esta actividad se escogió tomando como base una indagación previa realizada en la DINTEV (DINTEV, 2012), según la cual, esta resulta ser una de las herramientas menos utilizadas, además de ofrece una funcionalidad de complejidad media.

En términos computacionales, el prototipo está compuesto por tres componentes; uno que se en el lado del Cliente y los otros dos en el servidor (ver figura 3).

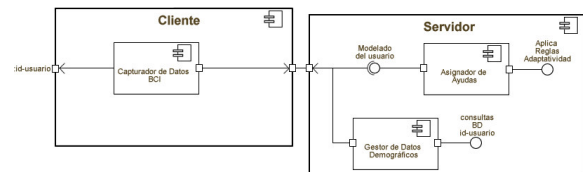


Figura 3. Modelo de Adaptatividad YUTO. Vista de Componentes

➤ **Capturador de Datos BCI:** Agente software que se ejecuta del lado del cliente y tiene como función comunicarse con el dispositivo BCI. Se encarga de guardar los valores de la Atención (A) y la Meditación (Me) del usuario provenientes del TGC (Controlador de Neurosky), con el cual se comunica mediante una conexión vía socket. Los datos son guardados en tiempo real en un archivo CSV identificado con el id del usuario. Una vez termina la interacción el Capturador de Datos BCI envía el archivo CSV al servidor.

➤ **Gestor de Datos Demográficos:** Es el encargado de cuantificar los datos demográficos (Edad, Escolaridad y Facultad) del usuario y realizar la inferencia base, esto es, determinar el tipo de usuario inicial. Este componente se ejecuta del lado del servidor al momento de creación del usuario en el sistema.

➤ **Asignador de Ayudas:** Aplica las reglas de adaptatividad de acuerdo con el modelo definido. Estas reglas se expresan como una tripleta {Evento, Condición, Acción}, la cual constituye una forma de representar interfaces de usuario (Paterno, 2014) citado en (Rodríguez, P., Paternò F., Jimenez, 2014). Para el caso del proyecto YUTO, se tienen 5 condiciones que determinan posibles acciones (activación de ayudas). En la Tabla 11 se muestra las principales reglas de adaptación de las ayudas con base en la caracterización de los usuarios.

Tabla 11. Relación evento, tipo de usuario y ayudas asociadas.

Evento	Condición	Acción
$0.0 \leq U < 0.25$	Usuario Tipo U1.mesurado	Ay2, Ay6
$0.25 \leq U < 0.5$	Usuario Tipo U2.observador	Ay2, Ay4, Ay9
$0.5 \leq U < 0.75$	Usuario Tipo U3.orientado_objetivos	Ay2, Ay4, Ay7, Ay8, Ay10
$0.75 \leq U < 1.0$	Usuario Tipo U4.pionero	Ay7, Ay8, Ay10

➤ **El Asignador de Ayudas** Se encarga de presentar las ayudas al usuario, el objetivo es activarlas o desactivarlas en consecuencia con el cumplimiento de la condición presentadas en las reglas de adaptación.

Las tecnologías involucradas en desarrollo fueron JAVA, PHP, CSS, JS. Como se debía conservar la misma funcionalidad y aspectos de interfaz (exceptuando las ayudas) que la herramienta tradicional, fueron utilizadas algunas librerías de jQuery, usadas en Moodle. De esta forma, el diagrama antes descrito se implementó a partir de: un Applet (Socket.jar) y tres scripts (addNewUser.php, cvsprocess.php y guiControl.php).

7. CONCLUSIONES

- El modelo propuesto coadyuva en la mejora de la interacción, lo cual se evidencia en los resultados de la prueba piloto, según la cual, se observó una mejora en los tiempos de realización de la tarea asignada y disminución en la tasa de errores cometidos, así como y el incremento en el grado de memorización de uso de la interfaz.
- Se observó durante la prueba que las personas que mas utilizaron las ayudas, si bien sus tiempos no fueron los mejores, tuvieron un incremento del 60% en la memorabilidad de la interfaz. Esto muestra que el uso de las ayudas contribuye a incrementar la facilidad de uso dado que genera no sólo una mayor comprensión de las acciones y sus elementos, sino que permite generar una mejor recordación de las acciones.
- El uso de las ayudas contribuyó a minimizar la curva de aprendizaje de los usuarios piloto analizados en el experimento. Por su parte la adaptación de las ayudas a los usuarios y sus características, aunque mejora su desempeño para él es transparente dado que el sistema no le indica al usuario en que tipo lo ha categorizado pues esto se hace de forma interna de tal manera que la modificación de la interfaz es casi imperceptible.

- El modelo puede extenderse a otros ámbitos diferentes al e-learning, siempre y cuando se disponga de los datos demográficos tomados como base y el dispositivo BCI para hacer las inferencias de Atención y Meditación.
- La utilización de dispositivos BCI, a pesar de sus costos, se han empezado a masificar y esta propuesta vislumbra un aporte importante a futuro desde la comprensión inmediata de las características de los usuarios, a partir de sus señales cerebrales.

8. REFERENCIAS

- [1] Ayala, C. (2007). Relación entre el Uso de Internet y el Logro Académico. Tesis de Grado sociología. Instituto de sociología. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- [2] Cotterell, M. & Hughes, B. (1995). Software Poject Managment.
- [3] Di Nocera, F. (2011). Ergonomía cognitiva. Carocci editori.
- [4] DINTEV. (2012). Estadística Campus Virtual Segundo Semestre 2012. Universidad del Valle. Vicerrectoría Académica. Dirección de Nuevas Tecnologías y Educación Virtual.
- [5] Dubie, W. (1993). Learning in cyberspace: on-line documentation and the technical writer. INTERCOM, 12(Society for Technical Communication (STC), Arlington, VA), 4 – 5.
- [6] Eason, K. (1987). Information Technology and Organizational Change.
- [7] Esichaikul, V., Lamnoi, S., & Bechter, C. (2011). Student Modelling in Adaptive E-Learning Systems. Knowledge Management & E-Learning: An International Journal, 3, 342–355.
- [8] Galitz. (2007). The Essential Guide to User Interface Design: An Introduction to GUI Design Principles and Techniques (third.). Wiley Publishing, Inc.
- [9] Godoy, S. & Herrera, S. Internet usage in Chile and the world: First result of the world internet Project-Chile. (2004).
- [10] Jenkins, K. (2000). Briefing the president: What the next president of the united states needs to know about the internet and its transformative impact on society. Washington, D.C.
- [11] Lin, T. (2013). Attraction and Action. User types blending aesthetical and functional design. IEEE.
- [12] Lorés, J. Abascal, J. Aedo, I. Cañas, J. Gea, M. Gil, A. Lorés, J. Martínez, A, Ortega, M. Valero. P. Vélez, M. (2001). La interacción persona-ordenador. AIPO, Asociación Interacción Persona Ordenador. (A. I. P. O. AIPO, Ed.). Universidad de Lleida, Creative Commons.
- [13] Mobasher, B. (2007). Data Mining for Web Personalization. In The Adaptive Web, LNCS 4321 (pp. 90 – 135).

- [14] Mosquera, G., & Daniel, S. (2012). Adquisición de señales electroencefalográficas para el movimiento de un prototipo de silla de ruedas en un sistema BCI.
- [15] Newman, W. & Lamming, M. (1995). Interactive System Design.
- [16] Nicolas, L. & G. J. (2012). Brain Computer Interfaces, a Review. *Sensors* 2012, 12, 1211-1279; Doi: 10.3390/s120201211.
- [17] Nielsen, J. (1993). Usability Engineering. Academic Press.
- [18] Norman, D. (1988). La psicología de los objetos cotidianos.
- [19] Paterno, F. (2014). User Interface Design Adaptation. In *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction*, 2nd Ed.". Aarhus, Denmark: The Interaction Design Foundation.
- [20] Poster, Mark, translated by Zhou, X. (2000). *The Mode of Information*. Nanjing University Press.
- [21] Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants.
- [22] Reyes, J. & Rodríguez, P. (2012). Pautas para la creación de ayudas de usuario para entornos e-learning. In *IV Congreso Iberoamericano Soporte al Conocimiento con la Tecnología*. Universidad Pontificia Bolivariana.
- [23] Rodríguez, P., Paternò F., Jimenez, J. (2014). Using Student Mental State and Learning sensory modalities to improve Adaptivity in e-learning. In *Promoting a Culture of Inclusive Education*. CAVA 2014.
- [24] Rubin, J. & Chisnell, D. (2008). *Handbook of Usability Testing. How to plan, Design, and Conduct Effective Test*.
- [25] Sutcliffe, A. (2000). *User-Centered Requirements Engineering: Theory and Practice*.
- [26] Tapscott, D. (2009). *Grown Up Digital: How the Next Generation is Changing your World*.
- [27] Velásquez, J. D., and Palade, B. (2008). Adaptive Web Sites: A Knowledge Extraction from Web Data Approach. *Proceedings Frontiers in Artificial Intelligence and Application*, 170.
- [28] Wilson, E. (2000). Closing the digital divide: An initial review. Briefing the president. The Internet Policy Institute.
- [29] Xinyuan, C. (2008). Design, Semantic Transformation in User Interface. IEEE.