

QA76.76
D47 R3

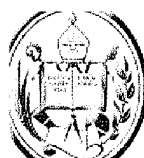
DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA PARA LA
EVALUACIÓN DE CONOCIMIENTOS A PERSONAS CON
DISCAPACIDADES MOTORAS SEVERAS

Ing. Ana Esmeranza Rangel Prato
Profesor Guía: Leandro Rabindranath León Ph.D.

PROYECTO DE GRADO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
COMO REQUISITO FINAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGISTER SCIENTIARUM

Mérida, Venezuela
Septiembre 2012

DONACIÓN



UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES
MÉRIDA VENEZUELA

Universidad de Los Andes © Derechos Reservados 2012

SERBIULA
Tulio Febres Cordero

Tabla de Contenidos

Tabla de Contenidos	III
---------------------	-----

Índice de Figuras	VI
-------------------	----

Resumen	VII
---------	-----

1. Introducción	1
-----------------	---

2. Planteamiento del problema	3
-------------------------------	---

2.1. Objetivo general	7
---------------------------------	---

2.2. Objetivos específicos	7
--------------------------------------	---

3. Marco teórico	8
------------------	---

3.1. Discapacidades motoras severas	8
---	---

3.2. Evaluación del aprendizaje	10
---	----

3.3. Tecnologías de asistencia	13
--	----

4. Antecedentes	19
-----------------	----

4.1. Sistemas de Gestión de Aprendizaje	19
---	----

4.2. That Quiz	20
4.3. Servicios de la Universidad de Murcia Abierta	21
4.4. Servicios para estudiantes con discapacidad de la <i>Open University</i>	22
5. Diseño y desarrollo de la herramienta	24
5.1. Metodología de Prototipado Rápido de Sistemas de Información E1340-5(2010)	25
5.1.1. Análisis	28
5.1.2. Síntesis	28
5.1.3. Evaluación	29
5.2. Definición inicial del proyecto	30
5.2.1. Problemas y necesidades	31
5.2.2. Solución propuesta	31
5.2.3. Alcance	32
5.3. Iteración 1	32
5.3.1. Análisis	33
5.3.2. Síntesis	37
5.3.3. Evaluación	39
5.4. Iteración 2	39
5.4.1. Análisis	40
5.4.2. Síntesis	41
5.4.3. Evaluación	49

6. Pruebas	51
7. Conclusión	57
Referencias	60

www.bdigital.ula.ve

Índice de figuras

5.1. Ciclo de la Metodología de Prototipado Rápido según [ASTM, 2005]	27
5.2. Vista parcial del pensum de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Los Andes-Mérida Venezuela desde el módulo administrador.	34
5.3. Clasificación de cada pensum de estudios.	34
5.4. Listado de exámenes asignados al estudiante con estado activo y no activo.	37
5.5. Caja de diálogo para la autenticación desde el cliente.	44
5.6. Listado de exámenes asignados al estudiante vistos desde el cliente.	44
5.7. Caja de diálogo notificando al usuario que no hay exámenes asignados.	44
5.8. Listado de exámenes con sus respectivos íconos que indican acciones para generar la evaluación en formatos PDF y XML.	47
5.9. Caja de diálogo que permite buscar el archivo XML en el computador para desplegar el examen sin necesidad de conexión con el servidor.	47
6.1. Captura de pantalla de la interfaz con los colores gris y blanco	53
6.2. Captura de pantalla de la interfaz con los colores azul y rojo	53

Resumen

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un software para el diseño de evaluaciones educativas que permite llevar un registro de la actividad estudiantil. Es un sistema web que almacena información básica de estudiantes y profesores, así como notas y estadísticas sencillas referentes a la evaluación. El sistema está integrado a un cliente que permite la evaluación a estudiantes con discapacidad motora severa, este cliente permitirá aplicar exámenes al estudiante a través de cuestionarios personalizados que puedan ser respondidos individualmente con movimientos que sean traducidos en un clic. Este software permitirá evaluar conocimientos a personas con discapacidades motoras severas. El software propuesto constituye una tecnología de asistencia porque es una herramienta que permite la autonomía del estudiante con discapacidad motora al momento de presentar una evaluación.

Descriptores: Discapacidad, evaluación, software, tecnología de asistencia

Capítulo 1

Introducción

Los sistemas de información (el conjunto de *hardware*, *software* y usuarios), permiten la automatización de tareas humanas, como por ejemplo cálculos y diseño de planos arquitectónicos. Cuando el software pasa a ser un medio para que una persona pueda suplir una deficiencia física, se convierte en un software de asistencia y a su vez es parte de las llamadas tecnologías de asistencia. Estos son medios para ayudar a las personas con discapacidad a tener acceso a servicios, utilización de recursos, visitas a lugares, independientemente de sus capacidades físicas o cognitivas.

Observar el tipo de evaluación que se debe realizar a jóvenes con discapacidad motora severa y en extremidades superiores llevaron a desarrollar una herramienta web para el diseño de exámenes y un cliente accesible que permite a estudiantes con las condiciones mencionadas tomar un examen de modo independiente.

El software no está limitado a estudiantes con discapacidad, el sistema permite llevar un registro de usuarios por curso, asumiendo que son estudiantes convencionales, quienes podrían presentar la evaluación a distancia. Esto permite un seguimiento del grupo estudiantil. Para incluir a estudiantes con discapacidades motoras severas se desarrolló un cliente que permite responder a las preguntas a través de un clic.

Este trabajo pretende demostrar que es posible llevar a cabo actividades académicas aprovechando de la mejor manera los movimientos reducidos de los estudiantes con

Ing. Ana Rangel - Diseño y desarrollo de una herramienta para la evaluación de conocimientos a personas con discapacidades motoras severas

discapacidad, lo cual abre un abanico de oportunidades para todas aquellas personas que poseen limitantes de tipo físico pero no cognitivo.

www.bdigital.ula.ve

Capítulo 2

Planteamiento del problema

La programación tiene como propósito codificar un conjunto de instrucciones que se traduzcan en sistemas computacionales para que un computador pueda ejecutar comportamientos deseados por el hombre. Por ejemplo, procesar texto, corregir ortografía, reproducir y reconocer sonidos de la voz, etc. Este proceso que se traduce en programas computacionales le ha permitido al hombre simplificar tareas que en la antigüedad debían realizarse de forma manual y con mayor empleo de energía y tiempo.

Hoy en día, gracias a la programación, no solo se pueden lograr tareas como las antes mencionadas, sino que incluso se puede contar con programas que asistan a personas que presentan algún tipo de discapacidad visual, auditiva o motora, de ahí que se hayan desarrollado herramientas tecnológicas que reciben el nombre de *tecnología de asistencia*. Este tipo de tecnología es utilizada como medio para que las personas con discapacidad puedan llevar a cabo tareas para las que se encuentran físicamente impedidas. Gracias al desarrollo del campo de la tecnología de asistencia hoy es posible que personas con presencia de alguna discapacidad puedan incorporarse dentro de programas educativos para lograr realizar prosecución académica en cada una de las etapas que ofrece la educación.

Ahora bien, el desarrollo de nuevas tecnologías siempre debe orientarse hacia dar

respuesta a las necesidades del hombre; entre estas necesidades destaca la evaluación a estudiantes con discapacidad motora que, aunque cuentan con programas que ayudan a la comunicación durante el proceso de enseñanza, aún no cuentan con programas que permitan monitorear de forma eficaz el conocimiento adquirido para su evaluación.

En los últimos años, el sistema educativo ha recibido el impacto de la tecnología, lo ha hecho de tal modo que hoy día no se concibe educar sin medios de apoyo tecnológicos. Las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) han causado un cambio en el sistema educativo, desde el uso de la web 2.0 para la socialización del conocimiento, hasta los medios de *hardware* y *software* que pueden posibilitar la educación a personas con discapacidad. Estas herramientas nos llevan a pensar hoy en cómo podemos diseñar un programa de evaluación que le facilite el camino a los profesores que trabajan con personas con discapacidad, ya que si se provee el apoyo tecnológico adecuado estos estudiantes pueden tener una experiencia de aprendizaje exitosa.

Para lograr medios de aprendizaje exitosos es conveniente que el programador tenga presente que para diseñar un programa, que responda a necesidades específicas, se debe estudiar el tipo de discapacidad que presenta el estudiante, ya que esto permite encontrar la tecnología que mejor se adapte, pues como expone [Burgstahler, 2002]:

“Un estudiante con discapacidad motora que no pueda mover sus manos, puede usar teclados alternativos, ayudado con un ratón, para ganar acceso a los cursos en línea y herramientas de comunicación. En otro caso, un estudiante o instructor puede usar dispositivos E/S (Entrada/Salida) estándar, pero si carece de las habilidades de motricidad fina requeridas para seleccionar pequeños botones en pantalla, su respuesta será lenta y no podrá participar efectivamente en salas de conversación de tiempo real. Y así cada caso será diferente y se le debe proporcionar los medios adaptados que permitan un desempeño óptimo del estudiante, sacando el mejor provecho a sus habilidades”.(p. 2)

Dentro de la gama de programas con los que el área de la educación cuenta hoy, existen herramientas pensadas para la realización de actividades interactivas que puedan

apoyar el proceso de enseñanza, estas son clasificadas como herramientas de autor, ya que permiten al docente la generación de sus propios instrumentos para enseñar y evaluar a sus estudiantes, con la desventaja que muchos de estos materiales no son accesibles, debido a que no son adecuados para el uso de personas con discapacidad motora, pues requieren que los estudiantes manipulen un menú y opciones de preferencia con el ratón, como por ejemplo los recursos generados con: *jClic*¹, *hotpotatoes*², entre otros.

Se puede citar también herramientas para el diseño de tablas de comunicación como por ejemplo: *boardmaker*³, dicho software posee varias limitaciones [University of Edinburgh, 2003], no es posible extender el vocabulario de símbolos que contiene, además de ser poco flexible y contener un vocabulario reducido, debido a que es un software que está orientado a niños y situaciones limitadas de aprendizaje en el salón de clases, por lo que no es adecuado para estudiantes adultos.

Lo antes expuesto lleva a reflexionar en cómo se podría realizar la evaluación a este conjunto de estudiantes con características especiales, ya que es la etapa más importante dentro del proceso de aprendizaje, de ahí que la evaluación sea concebida como una prueba que permite diagnosticar el aprendizaje de un estudiante o grupo de estudiantes luego de una actividad de enseñanza. Esta actividad en alumnos convencionales, es de rutina, la prueba puede ser oral o escrita, existen diversos tipos de exámenes de acuerdo al área del conocimiento que se quiera examinar. Por ejemplo: las evaluaciones de matemáticas son teórico-prácticas en cambio un examen de castellano obligará al estudiante a desarrollar un texto para conocer sus destrezas. En el caso de estudiantes con discapacidad motriz la evaluación debe variar esto se debe a que:

“Abordar la evaluación del acceso de un alumno con necesidades educativas especiales como consecuencia de una discapacidad motórica supone acometer una actividad transdisciplinar que debe ir más allá de los límites

¹<http://clic.xtec.cat/es/jclic/>

²<http://hotpot.uvic.ca>

³<http://www.mayerjohnson.com/category/boardmaker-family-1>

profesionales e institucionales. Al objeto de conocer el pronóstico y posibilidades de desarrollo es necesario conocer en profundidad el cuadro motor y con independencia de esto, los aspectos que rodean su desplazamiento, manipulación, comunicación, sedestación, mobiliario usado, posibles deficiencias asociadas, etc. ” [CNICE-MEC, 2006].

Un estudiante con discapacidad motora, presenta dificultades para desarrollar una evaluación en forma convencional, por lo que a los docentes se les dificulta asegurar una evaluación que realmente mida el logro real del estudiante. Para lograr medir de forma objetiva los méritos del estudiante se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros: formato del examen, configuración de las respuestas, tiempo de evaluación, lugar para tomar el examen y discapacidad que presenta.

El formato del examen debe presentarse en una dimensión que se ajuste a las limitaciones del estudiante, ya que si el examen estándar causa dificultades para la lectura, se deben ofrecer alternativas en diferentes formatos, por ejemplo con tipografía más grande, en diferentes colores, como un archivo de audio o en formato digital. En el diseño de las respuestas, se debe tener como alternativa la opción de tipeado en el computador, esto puede lograrse a través de teclados virtuales con la ayuda de dispositivos de *hardware* que puedan permitir la manipulación del *software* (ratones, pulsadores, licornios). Si el estudiante con discapacidad motora puede hablar, es posible que se use un *software* de reconocimiento de voz o la técnica del dictado para transmitir las respuestas al evaluador.

El tiempo de la evaluación está sujeto a las circunstancias, se puede permitir tiempo extra para contestar el examen. Esto puede significar alargar la jornada de evaluación, recesos o ambos.

El lugar para tomar el examen juega un papel importante para el diseño de la prueba, si se requiere que el estudiante se traslade para la evaluación, la universidad debe proporcionar un espacio de estacionamiento reservado para el vehículo que se use para la movilización, deben existir accesos como rampas y medios para trasladar la silla de ruedas como un ascensor. También se puede arreglar que el estudiante tome el

examen en su casa. En este caso se recomienda minimizar las interrupciones, no recibir visitas o llamadas durante la actividad. Por otro lado se debe considerar que, el medio, a través del cual el estudiante presenta la evaluación, puede marcar la diferencia entre un resultado objetivo y uno subjetivo, si los docentes que asiste a la aplicación de la prueba tiene empatía por el aprendiz y de modo inconsciente marca la respuesta correcta antes de que el estudiante lo haga, el resultado puede verse afectado, produciendo unos datos evaluativos alejados de la realidad académica del aprendiz.

Es por esto que el norte de esta investigación es proponer una herramienta que permita a los estudiantes con discapacidad motora presentar una evaluación de forma independiente, en la que puedan demostrar el dominio de contenidos conceptuales y prácticos, contando con la posibilidad de hacer clic en un botón y seleccionar respuestas de forma autónoma.

2.1. Objetivo general

Elaborar un *software* accesible para la evaluación de conocimientos a estudiantes universitarios con discapacidad motora.

2.2. Objetivos específicos

- Realizar un arqueo bibliográfico que permita identificar dentro del campo de las tecnologías de asistencia en el área educativa, cuál es la tecnología más adecuada para la evaluación de contenidos a estudiantes que presentan discapacidad motora y cursan o van a cursar estudios universitarios.
- Diseñar y desarrollar una plataforma *web* para la evaluación de conocimientos a estudiantes convencionales.
- Desarrollar una aplicación de *software* accesible para la evaluación de conocimientos a estudiantes con discapacidad motora.

Ing. Ana Rangel - Diseño y desarrollo de una herramienta para la evaluación de conocimientos a personas con discapacidades motoras severas

Capítulo 3

Marco teórico

Con el fin de determinar las características que debe tener un medio tecnológico para evaluar conocimientos en estudiantes que presentan algún tipo de discapacidad motora, en las siguientes líneas se presentarán fundamentos teóricos relacionados a la discapacidad, la evaluación del aprendizaje, los medios con los cuales se cuenta hoy día para que las personas con movilidad reducida puedan alcanzar el acceso a la educación y hacer seguimiento del progreso obtenido por estos estudiantes.

3.1. Discapacidades motoras severas

Se conoce como persona con discapacidad:

“Toda aquella que por causas congénitas o adquiridas, presenta alguna disfunción o ausencia de sus capacidades de orden físico, mental, intelectual, sensorial, o combinaciones de ellas; de carácter temporal, permanente o intermitente. Son personas con discapacidad las que tienen disfunciones visuales, auditivas, intelectuales, motoras de cualquier tipo, alteraciones de la integración y la capacidad cognoscitiva, las de baja talla, las autistas y

con cualquiera de las combinaciones de estas.¹”

Específicamente, el grupo al que está dirigido este trabajo es el sector de las personas con discapacidad motora, que según [Barraza, 2006] se define como:

“(...) la alteración en la funcionalidad de las extremidades superiores y/o inferiores. Dicha alteración se produce por una lesión en el sistema nervioso central (SNC) a nivel de médula o del encéfalo. Si la lesión acontece en esta parte del sistema nervioso su consecuencia es la parálisis cerebral. Las causas pueden ser perinatales (durante el embarazo), paranatales o postnatales.”

Como se afirma en [Servicio de Programas Educativos y Atención a la Diversidad, 2004] la discapacidad motora se clasifica en dos grandes grupos: según la localización de la lesión y el número de miembros afectados.

En el grupo que abarca aquellos afectados según la localización de la lesión se encuentran los individuos con lesión a nivel cerebral, espinal, muscular, osteoarticular y de nervios periféricos. Según el número de miembros afectados, la discapacidad motora se puede clasificar:

- **Si hay disfunción pero no pérdida total de la función:** monoparesia (alteración de un miembro puede ser superior o inferior), hemiparesia (alteración de la función de uno o dos miembros generalmente del mismo lado), paraparesia (disfunción generalmente en miembros inferiores) o tetraparesia (alteración de la función de los cuatro miembros).
- **Si hay pérdida de la función:** monoplejía (parálisis de un solo miembro o extremidad), hemiplejía (parálisis de dos miembros generalmente del mismo lado), paraplejía (parálisis de miembros inferiores) o tetraplejía (parálisis de los cuatro miembros).

¹Artículo 6 de la Ley para Personas con Discapacidad

La condición de discapacidad motora puede incluir una combinación de otras características como discapacidad visual, discapacidad auditiva o discapacidad cognitiva [Special needs technology assessment resource support team (START), 1996].

En este caso se considerarán estudiantes con movilidad reducida, con imposibilidad de mover brazos y piernas, se incluyen personas con tetraplejia severa y aquellos que tienen dificultad de movimiento en miembros superiores. Es importante mencionar que estos estudiantes además de tener movilidad reducida, no se pueden comunicar, esto se conoce como síndrome de cautiverio.

El síndrome de cautiverio es una condición en la cual el paciente está atento pero no puede movilizarse o comunicarse de modo verbal como consecuencia de una parálisis completa de casi todos los músculos voluntarios del cuerpo, excepto los ojos [G. Bauer and Rumpl, 1979].

3.2. Evaluación del aprendizaje

El acto de aprender va de la mano con la evaluación, esto motivado a que es fundamental verificar que los objetivos propuestos por el educador están siendo alcanzados por el estudiante. Según [Pérez, 2006] la evaluación pedagógica se define como:

“(...) la valoración a partir de criterios y de referencias preespecificadas, de la información técnicamente diseñada y sistemáticamente recogida y organizada, sobre cuantos factores relevantes integran los procesos educativos para facilitar la toma de decisiones de mejora.” (p. 32)

Es así como la evaluación tiene por objeto que el estudiante mejore su avance en el proceso educativo, esto se puede lograr de distintos modos, dependiendo de la metodología que el educador esté siguiendo para la enseñanza.

Según [Moreno, 1995] cuando la evaluación es un proceso para determinar el grado en que los objetivos del aprendizaje van siendo alcanzados esta se puede clasificar como:

Ing. Ana Rangel - Diseño y desarrollo de una herramienta para la evaluación de conocimientos a personas con discapacidades motoras severas

evaluación diagnóstica, evaluación formativa y evaluación sumaria.

La **evaluación diagnóstica** se aplica para percibir el grado de conocimiento, habilidades y destrezas que tiene un grupo de estudiantes. La **evaluación formativa** pretende orientar las acciones a tomar durante el proceso de enseñanza-aprendizaje para obtener mejores resultados. La **evaluación sumaria** busca valorar la actuación del estudiante en el proceso de enseñanza aprendizaje y de este modo poder demostrar los resultados obtenidos.

Afirma [Torres and Torres, 2005] que es importante tomar en cuenta las formas de participación en la evaluación, estas se pueden clasificar en: autoevaluación, coevaluación, heteroevaluación.

La **autoevaluación** indica que se evalúa el propio estudiante, la **heteroevaluación** indica que el sujeto evaluador es el docente y en la **coevaluación** el grupo evalúa al estudiante.

Los distintos enfoques de participación permiten no sólo valorar el conocimiento adquirido por el estudiante, sino también conocer los factores individuales y sociales que acompañan el proceso educativo. Es un indicador tanto para el docente como para el estudiante, si los objetivos planteados son alcanzados y si es necesario hacer modificaciones en el proceso para obtener mejores resultados.

En el caso de la evaluación del aprendizaje a personas con discapacidad, es la diversidad comunicativa la que dicta la pauta en cuanto al modo de llevar a cabo el proceso educativo y por consiguiente evaluar conocimientos, como plantea [Santos and Moreno, 2009] en la interrogante:

“¿Cómo podríamos decir que un alumno no progresa adecuadamente si su profesor o sus iguales no disponen de recursos para comunicarse con él más allá de unas cuantas frases rudimentarias o rutinarias?” (p. 136)

Es por ello que según [Santos and Moreno, 2009] para evaluar a estudiantes con discapacidad hay que hacer énfasis en los siguientes objetivos:

- Reconocer y valorar las diferencias.
- Identificar las desigualdades educativas que puedan estar provocando estas diferencias.
- Detectar las potencialidades o recursos particulares de cada persona con discapacidad.
- Planificar las acciones de mejora.
- Oír las voces de las personas con discapacidad.

Estos objetivos permitirán enfrentar cada caso en particular, ya que incluso dentro de un mismo grupo de personas con discapacidad (por ejemplo discapacidad motora) existen diferentes necesidades, de movilidad, comunicación, aprendizaje aunado a la posibilidad de que existan otras deficiencias (visuales, auditivas, crisis convulsivas entre otras).

Para el caso que nos atañe, el cual es la evaluación de conocimientos a estudiantes con discapacidades motoras severas, como se describe en [CNICE-MEC, 2006] es primordial conocer la información de primera mano. No se incluyen en este grupo personas que posean trastornos intelectuales, perceptivos o emocionales, ya que esto no es inherente a la discapacidad motora [Servicio de Programas Educativos y Atención a la Diversidad, 2004].

Evaluar el progreso de un estudiante con discapacidades motoras severas involucra no solo el factor educativo sino las condiciones que rodean al individuo: desplazamiento, manipulación, comunicación, mobiliario usado, otras deficiencias asociadas, entre otros.

Es por ello que el educador debe consultar con las personas que atienden al estudiante e incluso él mismo, para poder determinar cual es la manera más adecuada para realizar la evaluación.

También es imperativo determinar el nivel de afectación de los miembros y detectar movimientos, especialmente en manos y pies, ya que estos movimientos voluntarios

son la única posibilidad de manipulación de dispositivos con los que podrá comunicarse. Una vez identificadas las habilidades físicas del estudiante, es preciso valorar las capacidades cognitivas así como otras deficiencias asociadas.

Como ya se ha mencionado, debido a la particularidad de cada caso, además de la imposibilidad de que un estudiante con discapacidad motora severa pueda ser examinado bajo condiciones estándar, la evaluación de conocimientos a este tipo de estudiante debe ser adaptada para suplir necesidades individuales. Esto puede ser acometido seleccionando tecnologías de asistencia apropiadas, estos son medios que permiten a las personas con discapacidad interactuar con el entorno y realizar actividades que se les imposibilita por su condición [Glozar et al., 2007].

3.3. Tecnologías de asistencia

Según [Dorda et al., 2004] la tecnología de asistencia significa cualquier elemento, pieza de equipo o sistema, ya sea adquirido de forma comercial, modificado o personalizado, que es usado para aumentar, mantener o mejorar las capacidades funcionales de personas con discapacidad.

Existe una amplia clasificación de las tecnologías de asistencia de acuerdo a la norma técnica promovida por la *International Organization for Standardization* (ISO) la cual se denomina “UNE-EN ISO 9999: Ayudas técnicas para personas con discapacidad. Clasificación y terminología.” [Asociación Española de Normalización y Certificación, 2003], según esta norma las ayudas se pueden clasificar en:

- Ayudas para el tratamiento y el entrenamiento. Órtesis y exoprótesis.
- Ayudas para la protección y el cuidado personal.
- Ayudas para la movilidad personal.

- Ayudas para las tareas domésticas. Mobiliario y adaptaciones del hogar y otros edificios.
- Ayudas para la comunicación, información y señalización.
- Ayudas para la manipulación de productos y mercancías.
- Ayudas y equipamiento para la mejora del entorno. Herramientas y máquinas.
- Ayudas para el ocio y tiempo libre.

La tecnología de asistencia también se puede clasificar de acuerdo al tipo de discapacidad, ésta en general se divide en cuatro grandes grupos: discapacidad visual, auditiva, motora y cognitiva. Es importante clasificar la tecnología de asistencia de acuerdo al sector al que va dirigida y el objetivo que se quiere lograr con ella para que atienda la función o capacidad que se quiera emular.

A continuación se presenta una lista de tecnologías de asistencia de acceso al computador para personas con discapacidad motora, ésta lista no es exhaustiva, ya que existen infinidad de tecnologías adaptadas para este grupo, se engloban las más generales, porque a pesar del amplio rango de tipos de discapacidad motora, muchas de las soluciones resultan similares a nivel tecnológico, ya que se enfocan en los pequeños movimientos que las personas puedan ejecutar, ya sea con manos, pies, cabeza, boca, etc.

- **Varillas:** esta es una ayuda técnica de baja tecnología, como lo indica su nombre es una varilla que se coloca en la boca, existen muchos tipos de varillas, estas pueden adaptarse a cada individuo, de acuerdo a las necesidades, varían en longitud. Por ser una ayuda técnica simple y de bajo costo es uno de los medios más populares para manipular el teclado.
- **Licornios:** son similares a las varillas por el modo en que funciona, excepto que la varilla está amarrada a la cabeza, la persona mueve la cabeza para tipear caracteres, navegar la *web* a través del teclado, entre otros. La fatiga por el uso

de este instrumento puede ser un problema, ya que es necesario realizar muchos movimientos para alcanzar una tarea. Es por ello que se debe colocar el teclado en una inclinación favorable para la persona.

- **Conmutadores:** las personas con movilidad reducida usan este tipo de dispositivos, si la persona sólo puede mover la cabeza por ejemplo, el conmutador puede ser colocado a un lado de la cabeza, para que la persona pueda manipularlo con movimientos laterales de la cabeza. Este clic es interpretado en la mayoría de los casos por un *software* especial que permita navegar a través del sistema operativo, páginas *web* y otros entornos. Existe *software* que permite el tipeo de palabras usando funcionalidades de completación que va adivinando lo que la persona va tipeando, usando diccionarios. Estos *software* emulan la función del teclado físico, se les llama teclados virtuales, los cuales hacen barridos iterativos recorriendo el alfabeto letra por letra, permitiendo seleccionar las letras con un clic.
- **Ratón adaptado:** existen diversos tipos de ratones adaptados de acuerdo a la necesidad de la persona con discapacidad, son dispositivos de fácil uso que permiten hacer clic con un sólo movimiento. Uno de estos ratones es el llamado *trackball*, se diferencia de los ratones comunes porque tiene una bola incrustada en el centro del dispositivo, la misma detecta movimientos de rotación en dos ejes. Este tipo de ratón también puede ser manipulado con los pies. También se puede usar el *joystick* para emular el uso de ratón a través de *software* que interpreta los movimientos para convertirlos en funciones de ratón.
- **Teclados:** en aquellos casos en donde la persona no tiene un control de los músculos de la mano para realizar movimientos de precisión, un teclado adaptado puede ofrecer una solución, ya están adecuados a las necesidades de la persona de acuerdo al tipo de movimiento que pueda realizar. Por ejemplo se encuentran teclados amplios con distribución especial de las teclas que requiere poco movimiento para alcanzarlas, teclados diseñados para usarlos con una sola mano, por ejemplo el teclado *Dvorak* cuya distribución permite usar el mismo con menos movimientos de los dedos de los que se necesitaría para usar un teclado estándar.
- **Sistema de rastreo ocular:** los dispositivos de rastreo ocular son dispositivos

orientados a personas con control limitado, o sin control alguno de los movimientos de la mano. El dispositivo sigue el movimiento de los ojos que permite darle control para navegar por el sistema operativo y la *web* con el movimiento de los ojos. Con la ayuda de *software* especializado es posible incluso tipear. Hoy día existe diferentes *software* que permiten el rastreo ocular usando tan sólo una cámara *web*, lo que permite emular este costoso dispositivo.

- **Software de reconocimiento de voz:** según [Cook, 2002] el reconocimiento de voz es el proceso mediante el cual un ordenador (u otro tipo de máquina) identifica las palabras habladas, esto a través del procesamiento de la señal de voz que produce el ser humano, pudiéndose convertir en texto o emitiendo órdenes. Un *software* capaz de realizar este proceso permite el control de la computadora a través del habla. Este asume que la persona tiene una voz fácil de entender. Algunas personas con discapacidad motora (especialmente personas con parálisis cerebral) pueden tener dificultades para hacerse entender, ya que los músculos que controlan la voz son lentos para responder, a pesar de que estas personas no sean lentas a nivel cognitivo.
- **Sistemas de comunicación aumentativa y alternativa:** los sistemas de comunicación aumentativa y alternativa son todos aquellos métodos de comunicación utilizados para complementar o sustituir el habla o la escritura de la persona con discapacidad en la emisión o la comprensión del lenguaje hablado o escrito [Beukelman and Mirenda, 2005].

Es importante mencionar que existen miles de productos disponibles para un amplio rango de discapacidad motora, sin embargo hay que resaltar que la mayoría de las tecnologías de asistencia para personas con discapacidad motora proveen interacción con el computador a través del teclado o con implementos que emulan la funcionalidad de teclado o del ratón [WebAIM, 2002].

Los estudiantes con discapacidad motora, especialmente con disfunción dominante de las extremidades inferiores, pueden acceder a la educación con mínimos requisitos técnicos, es ideal en estos casos los cursos a distancia [Glozar et al., 2007].

Sin embargo, si hay limitación en el uso de las manos, o no las tienen, se modifica radicalmente el modo de acceso al computador. En estos casos es necesario el uso de dispositivos de *hardware*. Dada la gran variedad de casos, se hace imposible formular reglas generales de accesibilidad. Es necesario enfrentarlo de modo individual.

Es por ello que la incorporación de una ayuda técnica en el ámbito educativo puede aplicarse como un ciclo que comprende tres pasos, aplicados también a la incorporación de las tecnologías de asistencia a la evaluación. Como se indica en [CNICE-MEC, 2006], este ciclo se describe como:

1. Evaluar las posibilidades y requisitos de acceso tomando en cuenta las tareas a realizar y el entorno. Esta fase debe realizarse en conjunto con las personas que están en contacto con el estudiante (profesionales de equipos especializados, personal educativo, familiares y el propio estudiante). Es importante que esta valoración sea realizada en un contexto natural, tomando en cuenta no sólo la interacción humano-computador, sino la accesibilidad en general: lugar de trabajo, iluminación, mobiliario, entre otros.
2. Luego de la evaluación inicial, se debe reflexionar y decidir sobre la tecnología de asistencia adecuada para el caso.
3. Como punto final se implementará la tecnología de asistencia y se observará la adaptación del estudiante a su uso, validando la elección. Se debe determinar un periodo de adiestramiento y ajuste del individuo. Este paso llevará nuevamente a la evaluación de las necesidades de acceso de la persona.

Seleccionar tecnologías de asistencia para el apoyo a la educación en estudiantes con discapacidades motoras severas es una tarea que no debe ser tomada a la ligera, ya que se deben estudiar todos los factores relacionados con la interacción de los estudiantes con el medio, para que estos medios posibiliten las tareas que el estudiante deba realizar.

Existe un abanico de posibilidades que pueden ser combinadas para suplir aquellas habilidades con las que el individuo no cuenta y así poder acometer el proceso educativo

y por consiguiente hacer un seguimiento de este proceso a través de la evaluación de manera satisfactoria permitiendo la inclusión en las casas de estudios universitarios de educación superior.

www.bdigital.ula.ve

Capítulo 4

Antecedentes

Existen numerosas herramientas de software orientadas a la evaluación en línea, a continuación se mencionan los proyectos estudiados, que fueron evaluados para emular características que pudiesen incorporarse al software a desarrollar y justificar las razones por las cuales no se reutilizó ningún componente de software.

4.1. Sistemas de Gestión de Aprendizaje

Un Sistema de Gestión de Aprendizaje (SGA) o como se conoce por sus siglas en inglés *Learning Management Systems* (LMS) es una aplicación *web* para la administración, documentación, seguimiento y reporte de cursos, salones de clase virtuales y eventos en línea. Estos ambientes permiten el seguimiento del aprendizaje de los participantes a través de evaluaciones y autoevaluaciones.

En el caso de la accesibilidad para personas con movilidad reducida, resulta inconveniente hacer uso de estos entornos, ya que requieren excelentes destrezas en el uso del ratón para su manipulación, además no se enfocan en el tema de la evaluación, sino en muchas otras funcionalidades, ya que son sistemas integrales, lo cual distraería del objetivo de este proyecto.

Ing. Ana Rangel - Diseño y desarrollo de una herramienta para la evaluación de conocimientos a personas con discapacidades motoras severas

Uno de los SGA más populares es *Moodle*, el cual es un reconocido sistema de aulas virtuales *web*, que permite impartir cursos a distancias, se ha popularizado ya que posee un conjunto de funcionalidades útiles a los docentes. Se ha popularizado por su condición de herramienta de código abierto (lo cual permite su libre uso y modificación, de modo gratuito) y multiplataforma.

Se descartó esta opción ya que para modificar *Moodle*, precisamente por sus múltiples módulos, sacrifica la usabilidad, la comodidad y la accesibilidad, lo cual es clave para este desarrollo.

Como se menciona en [Sistemas Informáticos TLATOANI, 2006] la plataforma comprende los siguientes módulos: Administración del sitio, administración de usuarios, administración de cursos, módulo de tareas, módulo de *chat*, módulo de consulta, módulo de foro, módulo diario, módulo recurso, módulo encuesta y módulo taller.

Moodle data de 1987 según [Moodle Docs, 2012], aunque esta plataforma ha soportado el paso del tiempo, siendo robusto, bastante probado y usado en el área de la educación en línea, tiene la gran desventaja de las complicaciones para hacer modificaciones. Como se menciona en [Karpich, 2007] aún conserva secciones con atributos de estilo *HyperText Markup Language* (HTML) y tablas utilizadas para maquetar anidadas e infinidad de imágenes utilizadas como espaciadores.

Es por ello que adaptar *Moodle* a los requerimientos de accesibilidad sería un trabajo de gran escala, que necesitaría un numeroso grupo de trabajo para llevarlo a cabo.

4.2. That Quiz

El software *That Quiz* es un sistema *web* para el diseño de evaluaciones que está orientado principalmente al diseño de exámenes de matemática, también contiene pruebas de idiomas y geografía. Este sistema permite que el profesor se registre y pueda crear cursos, con un listado de estudiantes, a los cuales se le pueden asignar las pruebas correspondientes a cada grupo de estudiantes. Lo cual permite la evaluación a

distancia acerca de los tópicos mencionados.

Desarrollado en República Dominicana, por la falta de presupuesto para la compra de software. Es un recurso educativo *web*, según se puede leer en [Educacontic, 2009]:

“Con más de 100.000 exámenes completados por más de 20.000 estudiantes. Lo que ofrece: Software limpio y educativo para escuelas en cualquier país del mundo aunque sean ricas o pobres, sobresalientes o marginadas. Esperamos que aprovechen todos de la práctica aquí disponible. Este servicio es gratis para el uso educativo”.

Este sistema no posee funcionalidades orientadas a personas con discapacidad, tampoco está disponible su código fuente. Se consigue muy poca información adicional, más allá del software como tal, le cual está disponible en línea en la dirección <http://www.thatquiz.org/es/>.

4.3. Servicios de la Universidad de Murcia Abierta

SUMA (Servicios de la Universidad de Murcia Abierta) es el campus virtual de la Universidad de Murcia (España), el cual permite a los docentes complementar la enseñanza presencial, con el objetivo de aumentar la oferta de cursos impartidos de forma presencial, extenderlos a la modalidad virtual. De los cuatro módulos con los que cuenta el sistema (agrupados según su función: administrativo, extracurricular, docente y comercial), el módulo docente es el que permite la evaluación de grupos de estudiantes. El mismo permite el diseño de exámenes, cálculo de estadísticas, intercambio de información estudiante-profesor entre otros.

Este campus virtual no contempla inclusión de personas con discapacidad, más allá del mero acceso a distancia. El código fuente no está disponible, como se denota en [ATICA - Servicio de Desarrollo - Universidad de Murcia, 2007] su uso está restringido a la comunidad universitaria de la mencionada *alma máter*.

4.4. Servicios para estudiantes con discapacidad de la *Open University*

La *Open University* (OU) es bien conocida por ser la primera universidad a nivel mundial en impartir educación a distancia, utilizando la televisión para transmitir programas de enseñanza con el apoyo de *The British Broadcasting Corporation* (BBC) [The Open University, 2012a].

Como se afirma en su página *web* [The Open University, 2012b], la OU cuenta con más de 12000 estudiantes con algún tipo de discapacidad, condición, dificultad mental o dificultad de aprendizaje. Se ofrece un amplio rango de servicios de apoyo y facilidades para permitir el éxito en los estudios, también se apoya el arreglo de tutoriales, exámenes y clases en casa, así como el equipo apropiado para asistir al estudiante.

La OU ofrece a los estudiantes con discapacidad materiales de estudio accesibles, apoyo financiero (si el estudiante cumple con las condiciones para obtener el subsidio para personas con discapacidad), equipos, orientación y arreglos especiales para realizar los exámenes.

Para evaluar el proceso educativo, como se detalla en [The Open University, 2012b], la OU provee un examen estándar que se entrega en papel blanco y las preguntas están impresas bien sea con el tipo de letra *Arial* de tamaño 11 o *Times New Roman* de tamaño 12. Se advierte que pueden incluir diagramas, fotografías o dibujos a color.

Según el grado y tipo de discapacidad que posea el estudiante, si el examen estándar causa dificultades puede aplicar a una o más de las siguientes alternativas:

- **Impresión a gran escala:** significa que cada página A4 del examen se amplía en papel A3 (un 140 % más del tamaño original). se comprometen a proporcionar impresión aún mayor dependiendo de las necesidades del estudiante.
- **Color:** si un examen en papel blanco hace que sea difícil leer las preguntas, se le

solicita al estudiante que indique el color de papel que necesita en el formulario de solicitud de las disposiciones de examen.

- **Braille:** los exámenes pueden ser proporcionados como documentos en formato *Braille*. Todos los diagramas o figuras serán reproducidos como relieves o se cambiará por una pregunta alternativa.
- **Audio:** si el estudiante tiene dificultad para leer o interpretar se puede proveer el examen grabado en un CD. Esto sólo para circunstancias excepcionales.
- **Formatos electrónicos:** si el estudiante usa tecnologías de asistencia, tales como lectores de pantalla, se puede proveer el examen en documentos de *Word* o PDF.

Para la evaluación de estudiantes con discapacidad motora, se comprometen a hacer arreglos especiales; estos arreglos incluyen: tiempo extra, pausas de descanso, la toma del examen en casa, uso del computador. No se menciona el uso de ningún *software* específico para la tarea de evaluar al estudiante más allá de las tecnologías de asistencia usadas para interactuar con el computador o comunicarse.

Capítulo 5

Diseño y desarrollo de la herramienta

Con una visión amplia de las funcionalidades que poseen los proyectos de software orientados a la evaluación en línea, descritas en los trabajos relacionados a este, considerados como ejemplos para el desarrollo y habiendo estudiado los conceptos que rodean la discapacidad, ampliados en el marco teórico, se entiende que las personas con discapacidad encuentran en las tecnologías de asistencia un medio que facilite sus tareas cotidianas. Nuestro desarrollo está justificado en las condiciones específicas que rodean al usuario final, pues se conoce que cada caso es diferente y para que las tecnologías funcionen de modo acorde estas debe adaptarse a cada caso.

No existen soluciones de software aplicadas a la evaluación de personas con discapacidad motora, específicamente la tetraplejia severa, y los métodos actuales no permiten aplicar una evaluación objetiva e independiente al estudiante con discapacidad. Es por ello que se desarrolla un software para hacer la evaluación la cual se realiza de modo no automatizado. El software pretende darle autonomía al estudiante a la hora de poner a prueba los conocimientos adquiridos. Como cada discapacidad es particular,

en el caso que nos atañe no se conocen completamente los requerimientos; específicamente los de interfaz. Por esta razón, para el proceso de desarrollo se decide utilizar una metodología que permita evolucionar en base a prototipos, esta es la Metodología de Prototipado Rápido de Sistemas de Información E1340-5(2010); esta guía permitirá realizar cambios basados en resultados tangibles. A continuación se describe el proceso de desarrollo y sus resultados de acuerdo a la metodología seleccionada.

5.1. Metodología de Prototipado Rápido de Sistemas de Información E1340-5(2010)

La Metodología de Prototipado Rápido de Sistemas de Información E1340-5(2010) es una guía propuesta por el *American Section of the International Association for Testing Materials* (ASTM) que es una organización dedicada al desarrollo de normas para materiales, productos, sistemas y servicios, entre otros.

La guía “*Standard Guide for Rapid Prototyping of Information Systems*” [ASTM, 2005] es un acercamiento ágil al desarrollo de sistemas de información que produce modelos funcionales en menor tiempo que las metodologías convencionales, debido a que los métodos más usados (como por ejemplo el *Rational Unified Process* (RUP) [IBM publications, 2003]) se centran en gestión del proyecto colectivo y en el diseño de documentos que describen el sistema a desarrollar.

En cambio la Metodología de Prototipado Rápido (MPR) orienta a usuarios y desarrolladores a entender los requisitos funcionales (los relacionados al comportamiento interno del sistema) y el diseño del sistema interactuando con una serie de prototipos que son rápidamente producidos a partir de versiones anteriores de software o del uso de plataformas de desarrollo (*frameworks*), ya que en ambos casos se comienza a desarrollar sobre un software, en el caso de los marcos de trabajo se podría decir que son versiones de software prefabricadas que proporcionan funcionalidades comunes a la mayoría de los sistemas de información.

Se finaliza el desarrollo cuando el prototipo llega a ser un sistema funcional que satisfaga los requisitos propuestos por la parte interesada: personas involucradas en el proyecto, con sólidos conocimientos en el área de contexto del desarrollo y el usuario.

Esta metodología ha comprobado sus bondades en casos donde los requisitos o el diseño del sistema no están claros o cuando se necesite experimentar para explorar algún aspecto del comportamiento del sistema. Para nuestro desarrollo el caso es el segundo, ya que es un sistema evaluador novedoso, tratando un cuadro de uso dificultoso por las condiciones del usuario.

Esta metodología es apropiada a las circunstancias que rodean el desarrollo, aunque el software para diseñar evaluaciones no es una novedad y podría desarrollarse a partir de una plataforma de desarrollo u otra aplicación que contenga las funcionalidades similares a las necesarias para cumplir los objetivos, la discapacidad introduce unas condiciones muy particulares que hacen que este software sea un desafío en cuanto a funcionalidades que afecten evaluaciones a personas con discapacidad

Sabemos pues que las funcionalidades relacionadas con la discapacidad son novedosas, así que es necesario hacer pruebas hasta conseguir un sistema que satisfaga las necesidades del usuario. Por esta razón decidimos presentar prototipos de software, los cuales serán refinados de acuerdo a la retroalimentación que se reciba de los interesados en el proyecto. Estos serán el tutor, los miembros del “Proyecto Discapacidad y Comunicación” de la Universidad de Los Andes - Mérida, Venezuela y el usuario.

Otro factor a tomar en cuenta cuando se elige una metodología es el equipo de trabajo que participa, en este caso sólo habrá un desarrollador involucrado, que cumplirá con los roles requeridos para culminar el trabajo.

De acuerdo a [ASTM, 2005], el ciclo de prototipado rápido consiste en tres fases: Análisis, Síntesis y Evaluación. El ciclo que contiene estos procesos se puede observar en la figura 5.1. A través de estos procesos el prototipo se irá refinando hasta conseguir el producto final.

El ciclo comienza con la definición inicial del proyecto y del sistema. Mientras cada

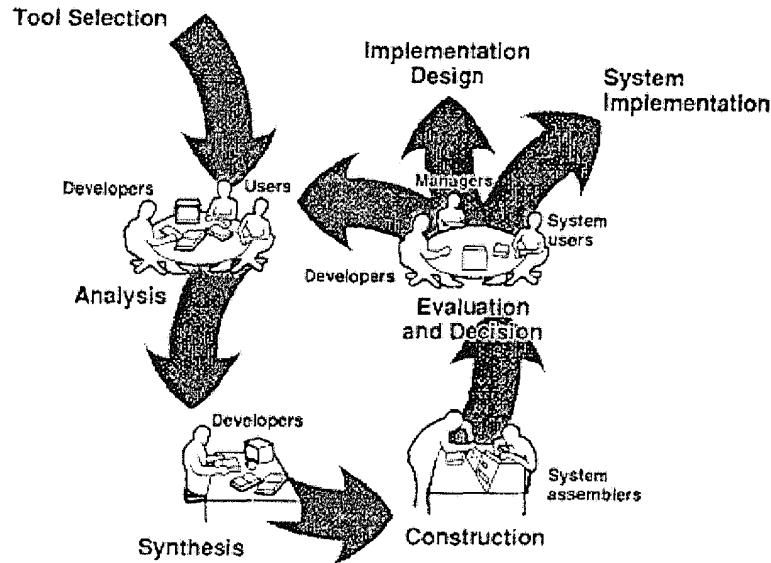


Figura 5.1: Ciclo de la Metodología de Prototipado Rápido según [ASTM, 2005]

ciclo del lazo es diferente, las actividades dentro del mismo se combinan e integran. Los requisitos y diseño del sistema evolucionan con el prototipo. La documentación referente al diseño se minimiza, ya que el prototipo es la representación del estado actual de los requisitos y diseño (sin embargo debe haber suficiente documentación para entender el sistema). La documentación de usuario evoluciona como parte del prototipo.

Cuando el prototipo descubre lo suficientemente el sistema requerido, la iteración se detiene y el proyecto se convierte en el diseño final y pasa a la fase de integración. Cuando el prototipo llega a la fase operacional, debe ser puesto a prueba para entender el comportamiento de algunos aspectos de su funcionamiento, el cual puede ser usado como una especificación exacta de comportamiento para un sistema operacional.

En nuestro caso desarrollamos dos prototipos. El objetivo del primer prototipo fue construir un sistema web para el diseño de evaluaciones en general, lo cual permite a los estudiantes convencionales tomar las pruebas a distancia a través del sistema; también permite llevar seguimiento de las calificaciones de cada estudiante. El segundo prototipo se orientó a incorporar funcionalidades orientadas que permitiesen a un estudiante con

discapacidad motora presentar el examen a distancia y de modo automatizado.

Las secciones a continuación describen el método de desarrollo de Prototipado Rápido de Sistemas de Información E1340-5(2010), el producto de esta metodología será un prototipo del sistema que será refinado en un proceso iterativo de análisis, síntesis y evaluación.

5.1.1. Análisis

El análisis inicial conlleva a la selección de herramientas apropiadas para entender el problema y desarrollar el sistema requerido. En cada ciclo el análisis se va tornando más detallado y ahonda en aspectos relacionados a las necesidades del usuario. Las crecientes solicitudes se colocan como factores de calidad. Es importante la comunicación entre usuarios y desarrolladores (la cual debe ser libre y frecuente) para que compartan la evolución de los requisitos y del sistema.

El análisis en cada ciclo debería ser suficiente para sintetizar la próxima versión del prototipo. Este análisis nunca es exhaustivo y siempre deja algunas preguntas a ser respondidas en el siguiente ciclo. El proceso de Prototipado Rápido termina cuando las preguntas consiguen respuestas o no necesitan ser respondidas porque el sistema ya opera satisfactoriamente.

5.1.2. Síntesis

La primera versión del prototipo es guía para el análisis inicial y las herramientas seleccionadas. Un sistema siguiendo la MPR debe comenzar con una definición de arquitectura abierta, esto es, un estilo de estructura y diseño en el cual las cosas pueden ser fácilmente añadidas, cambiadas y removidas. Evitar la integración temprana y la optimización, lo cual es difícil de modificar más adelante. Esto se puede lograr enfatizando en la flexibilidad al comienzo. Estructurando el sistema en subsistemas, lo cual será parte del proceso iterativo siguiente:

- Considere un número de opciones en cada ciclo y seleccione uno a ser refinado en preferencia a los otros. Tenga registro de las elecciones y versiones anteriores en caso de necesitar su recuperación.
- En cada ciclo de Prototipado Rápido, el análisis conlleva a la síntesis de una modificación de modo gradual en cuanto a la arquitectura del sistema abierto. Lo cual exhibe un comportamiento que puede estar claramente relacionado con los requisitos específicos
- La reestructuración es a veces necesaria si el proceso de Prototipado Rápido lleva al deterioro la estructura lógica del sistema, las partes afectadas deben ser rediseñadas para corregir el problema.

5.1.3. Evaluación

En esta etapa de la metodología los involucrados en el proyecto usan la versión actual del prototipo de software para evaluar que tan bien se adapta a las necesidades planteadas, se identifican problemas y se proponen cambios; los cuales se proporcionan de inmediato a los desarrolladores. Es necesario determinar cuales características de esta versión serán preservadas, cuales no y las fallas que serán cambiadas en una próxima iteración.

La MPR se diferencia de los métodos convencionales de desarrollo especialmente en esta fase en la cual subyace el prototipado rápido. Aquí los usuarios interactúan con el prototipo y reaccionan a ejemplos concretos y comportamientos del software. Aprenden lo que el software es capaz de hacer e interactúan con el desarrollador para proponer cambios. La experiencia con el sistema actual ayuda al usuario a expresar las necesidades, gustos, disgustos, los desarrolladores modifican el prototipo de acuerdo a esto y lo adaptan a lo requerido.

El prototipado rápido es un proceso de aprendizaje. Desde la observación y la experimentación de las reacciones del usuario hasta la construcción del prototipo, los

usuarios y desarrolladores aprenden lo que se necesita en la etapa siguiente. Se reconocen cambios adicionales o extensiones a realizar para que el prototipo alcance las expectativas de la parte interesada, y de que modo ajustar el prototipo a las nuevas solicitudes identificadas.

5.2. Definición inicial del proyecto

En todo proyecto de desarrollo de software, ya sea siguiendo la metodología de prototipado rápido u otra convencional, es importante tener una definición de lo que será alcanzado, cuándo, dónde, por qué, para quién, y para qué tanto esfuerzo en iniciar un proyecto. También es importante identificar todos aquellos actores que deben estar satisfechos con los resultados, en especial los que usarán el sistema.

La herramienta para la evaluación de conocimientos a personas con discapacidades motoras severas es un desarrollo novedoso, realizado con el apoyo del “Proyecto Discapacidad y Comunicación” de la Universidad de Los Andes Mérida-Venezuela, quienes fungen como una parte interesada. Este equipo trabaja con diferentes grupos de personas con discapacidad (motora, visual, auditiva) en el ámbito de la comunicación para potenciar sus capacidades y talentos. Según [Mora, 2008]:

“El proyecto Discapacidad y Comunicación surge por la necesidad de brindar ayuda a personas con necesidades especiales de comunicación a través de apoyo tecnológico, académico y práctico para resolver ciertas situaciones en poblaciones con algún tipo de discapacidad lingüística”

Gracias al acercamiento con personas de movilidad reducida, a quienes se les imparte tutorías personalizadas, surge la necesidad de evaluar los conocimientos que se llevan al estudiante en cada sesión. En principio esta tarea se llevaba de modo manual, poniendo a prueba el ingenio de los instructores, al comunicarse usando convenciones que permiten entender las respuestas positivas y negativas del estudiante, planteando preguntas sencillas, que pueden ser respondidas con sí o no, verdadero o falso.

Ing. Ana Rangel - Diseño y desarrollo de una herramienta para la evaluación de conocimientos a personas con discapacidades motoras severas

Este procedimiento, aunque ha sido mejorado, no permite que el estudiante presente una evaluación de modo independiente. Es por esto que se pretende a través de lo simple, a través de la acción del “clic”, consolidar una solución para estudiantes con movilidad reducida.

5.2.1. Problemas y necesidades

Problema

Según nuestras revisiones, para el caso particular de discapacidad motora severa, no existe una herramienta que permita evaluar estudiantes con movilidad reducida.

Necesidades

Lo anterior plantea la necesidad de contar con una herramienta automatizada que permita:

- Diseñar evaluaciones para los estudiantes, tanto convencionales como con discapacidad.
- Aplicar evaluaciones a estudiantes convencionales como con discapacidad.

Así se plantea una propuesta de desarrollo para alcanzar estos objetivos, los cuales apuntan al desarrollo de un sistema de evaluación que pueda ser usado por profesores y estudiantes tanto convencionales como con discapacidad motora severa.

5.2.2. Solución propuesta

Una vez planteado el problema y sus principales necesidades en torno al proyecto se desarrolló un sistema web que maneje evaluaciones, el cual tiene tres módulos básicos:

Ing. Ana Rangel - Diseño y desarrollo de una herramienta para la evaluación de conocimientos a personas con discapacidades motoras severas

1. El módulo administrador permitirá colocar el pensum de estudios, creación de usuarios y asignación de roles.
2. El módulo del profesor permite diseñar la evaluación, asignar esta a un curso, activar, corregir, imprimir en *Portable Document Format* (PDF) para aplicar el examen de modo presencial.
3. El módulo estudiante para que las evaluaciones asignadas sean revisadas, incluye el perfil del estudiante, consulta de notas entre otros.

5.2.3. Alcance

Con el prototipo inicial se verifica el cumplimiento de los requisitos identificados por potenciales usuarios convencionales. Una vez concretado estos luego para diseñar las evaluaciones, se desarrolla la funcionalidad de accesibilidad.

www.bdigital.ula.ve

5.3. Iteración 1

La MPR indica que en la iteración inicial se debe desarrollar un prototipo para corroborar los requisitos identificados en reuniones de trabajo con los involucrados, los cuales deben ser lo mejor entendidos por el desarrollador. Luego de contar con un software con el cual interactuar, se identifican fallas a corregir y nuevas funcionalidades a incluir. Se plantean interrogantes a ser respondidas en la iteración siguiente.

En esta primera iteración se plantea el desarrollo de un sistema web que permite el diseño de evaluaciones en general, sin tomar en cuenta por los momentos las funcionalidades de accesibilidad, un estudiante convencional podrá tomar las evaluaciones desde el sitio web una vez que el profesor diseñe el examen.

5.3.1. Análisis

Observando el comportamiento de sistemas para el diseño de evaluaciones como *ThatQuiz*¹ y el *Learning Management System (LMS) Moodle*², se consideraron características clave para el desarrollo de un sistema web simple pero completo, que los profesores puedan manejar fácilmente

Aunque *ThatQuiz* está orientado principalmente a evaluaciones de matemáticas (enteros, fracciones, conceptos y geometría), vocabulario (inglés, español, francés y alemán), el modo en que la página web está estructurada para el diseño de las evaluaciones hace que esta plataforma nos sirva de ejemplo para conseguir el resultado deseado para este proyecto.

ThatQuiz permite asignar, administrar y eliminar exámenes, ingresar cursos, editar o quitar clases, página de clase, ver reportaje de notas, editar notas.

Es por ello que se conceptualizan tres módulos: estudiante, profesor y administrador.

En cuanto al *LMS Moodle*, se estudió el modo en que aplica las evaluaciones y los tipos de preguntas que están implementados en la plataforma.

Para satisfacer estas necesidades el sistema para el diseño de evaluaciones es una interfaz web desde la cual se especifican las evaluaciones. Dicha interfaz consta de tres módulos: administrativo, profesor, estudiante.

El módulo administrativo

El módulo administrativo permite al usuario administrador la inscripción, listado, eliminación y modificación de los datos de los usuarios profesor y estudiante al sistema. Por cada inscripción de nuevo usuario se genera un identificador y una contraseña para ingresar al sitio web. Una vez inscrito el usuario por parte del administrador, el sistema envía un correo electrónico a la persona inscrita con la información necesaria para darse

¹<http://www.thatquiz.org/>

²<http://moodle.org/>

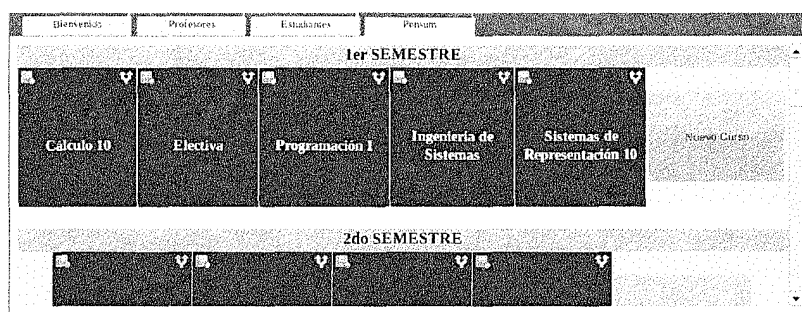


Figura 5.2: Vista parcial del pensum de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Los Andes-Mérida Venezuela desde el módulo administrador.

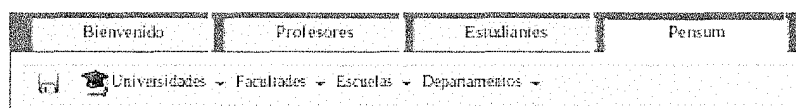


Figura 5.3: Clasificación de cada pensum de estudios.

de alta en la plataforma.

El pensum de estudios es el núcleo de la aplicación, el cual es definido por el administrador en cada carrera. El módulo profesor crea los cursos correspondientes a los pensum existentes. Sin un pensum definido no se podrá crear ningún curso.

La información del pensum está organizada como un flujograma; esto permite mostrar los datos de modo descriptivo, como se ilustra en la figura 5.2. Se pueden especificar las prelacones de cada materia y las unidades crédito correspondientes a cada una. Cada pensum de estudios está clasificado de acuerdo a la universidad, facultad, escuela y departamento al cual pertenece la carrera, como se muestra en la figura 5.3.

El sistema permite, cargar y guardar pensum, agregar y eliminar curso y agregar prelacones a cada materia que comprende el pensum de estudios.

El módulo profesor

La información que se maneja en el módulo profesor es suministrada por el módulo administrativo. El módulo profesor permite la creación de cursos, en donde el usuario puede asignar estudiantes a cada clase según la materia, sección y semestre en el cual se esté impartiendo la clase. Esto organiza a los estudiantes en grupos a los que se le asignarán las evaluaciones. Sólo pueden ser creados los cursos que pertenezcan al pensum, previamente creado desde el módulo administrador.

El diseño de los exámenes es otra funcionalidad de este módulo. Cada prueba es asignada a los cursos. La prueba está identificada con la siguiente información: la fecha y hora de inicio y finalización, el porcentaje del examen y los tipos de examen: evaluación o autoevaluación, en el caso de la autoevaluación el porcentaje de ponderación es cero. El usuario puede colocar el número de preguntas que desee; seleccionando el tipo de pregunta acorde a las interrogantes que conforman el examen. El examen podrá ser modificado posteriormente por el usuario profesor.

Para estudiantes convencionales los tipos de pregunta disponible son: selección múltiple, selección simple, abiertas (tipo ensayo), verdadero-falso, completación. Para condiciones severas de discapacidad los tipos de pregunta que el instructor debe incluir en el examen son: selección múltiple, verdadero-falso y selección simple. Estas son las que se identificaron como preguntas que pueden ser contestadas con la acción de clic. Esto se decidió luego de estudiar y contrastar las condiciones de discapacidad.

- Selección múltiple: para responder la pregunta planteada el estudiante selecciona múltiples opciones correctas entre varias propuestas.
- Selección simple: en este caso se permite la selección de una única respuesta como correcta.
- Abiertas (tipo ensayo): estas son preguntas de desarrollo en dónde el estudiante debe escribir textos para responder a la interrogante planteada por el profesor.
- Verdadero-falso: estas preguntas presentan una propuesta en la cual el estudiante

deberá seleccionar una única opción: entre verdadero y falso.

- **Completación:** en esta modalidad, la pregunta es una frase con palabras o conjuntos de palabras que deben ser completadas para que la misma tenga sentido y sea correcta.

Una vez culminado el diseño del examen el sistema lo asigna a un grupo de estudiantes organizados por cursos, identificados en secciones y de acuerdo al semestre en el cual está localizado cada curso en el pensum de estudios.

La corrección de los exámenes se realiza individualmente, si en la prueba hay preguntas de tipo ensayo, pues es muy difícil corregir automáticamente preguntas abiertas. Aquellas preguntas de selección simple, selección múltiple, verdadero-falso que tienen una respuesta definida en el sistema se pueden corregir automáticamente.

El profesor podrá evaluar en dos modalidades: presencial o a distancia. También podrá ofrecer autoevaluaciones. Cuando se marque la opción presencial el sistema posibilita la impresión en formato pdf de la prueba. En la opción a distancia el profesor asignará la hora y fecha tanto de inicio como de finalización del plazo en el cual el estudiante podría presentar el examen.

El resumen estadístico es otra funcionalidad que se maneja desde el módulo profesor, con la corrección de los exámenes se calculan estadísticas sencillas como promedio global y ponderado, estudiantes aprobados y reprobados. También se encuentran estadísticas simples relativas a cada curso: estudiantes inscritos, estudiantes aprobados, estudiantes reprobados, promedio aprobatorio y promedio general.

El módulo estudiante

El módulo estudiante está dividido en tres secciones. La sección de exámenes en donde el estudiante puede observar las pruebas que le han asignado los profesores en cuyos cursos debe estar inscrito actualmente. El examen estará activo de acuerdo a la fecha y hora definido por el profesor(ver figura 5.4).

Inicio	Fin	Porcentaje	Nota	Habilitado
12/01/2012 04:30 PM	18/01/2012 06:30 PM	0		
13/01/2012 06:30 PM	20/01/2012 06:30 PM	75		

Figura 5.4: Listado de exámenes asignados al estudiante con estado activo y no activo.

En la sección exámenes el estudiante puede ver los cursos en los cuales está inscrito, sección correspondiente, y el profesor asignado a la materia. Al examinar el curso puede ver la lista de los exámenes asignados, la fecha y hora en la cual estará o estuvo activo el examen.

Hay dos modalidades de evaluación: la evaluación con calificación y la autoevaluación, esta última no se le asignará ninguna nota y tampoco se le asignará ponderación, por lo tanto no afectará la nota final del estudiante.

La sección de notas lista la calificación asignada luego de la corrección por parte del profesor.

En la sección “Mi cuenta” el estudiante podrá ver sus datos personales. En caso de existir algún error, el usuario debe contactar al administrador del sistema para cualquier reclamo. No se permite al estudiante modificar sus datos.

5.3.2. Síntesis

En esta fase se define la arquitectura del sistema, de manera tal que permita añadir, eliminar y modificar componentes para ir acoplando los requisitos del usuario a la realidad del sistema en construcción.

La arquitectura propuesta para la herramienta seguirá el modelo MVC (Modelo, Vista, Controlador), según [Burbeck, 1992] en el paradigma MVC las entradas del usuario, el modelado del mundo externo, y la retroalimentación visual para el usuario están explícitamente separados y manejados por tres tipos de objetos, cada uno especializado en su tarea. La *Vista* administra la salida gráfica de la aplicación. El *Controlador* interpreta las entradas de periféricos como ratón y teclado manipulados por el

usuario, ordenando al modelo o a la vista los cambios según sea apropiado. Por último, el *Modelo* maneja el comportamiento y los datos del dominio de aplicación, responde a las solicitudes de información acerca de su estado (por lo general desde la vista), y responde a las instrucciones para cambiar el estado (por lo general desde el controlador)

Existen muchas plataformas para desarrollo web basados en el paradigma MVC, uno de ellos es (*Zend Framework*) ZF, se describe según [Zend Technologies, 2009] de código abierto, orientado al desarrollo de aplicaciones y servicios web con *PHP Hypertext Pre-processor* versión 5 (PHP 5). ZF se implementa utilizando código orientado a objetos en su totalidad. La estructura de los componentes de *Zend Framework* es algo único, cada componente ha sido diseñado con muy pocas dependencias en otros componentes. Esta arquitectura de acoplamiento flexible permite a los desarrolladores usar los componentes de forma individual. A menudo llaman a esto “el uso a voluntad” de diseño.

ZF posee una amplia biblioteca de componentes que pueden extenderse y combinarse para desarrollar cualquier aplicación web. También cuenta con una abstracción de base de datos sencilla y componente de formularios para implementar formularios HTML validación y filtrado para que los desarrolladores puedan consolidar todas las operaciones usando la interfaz orientada a objetos. Además cuenta con el respaldo de la comunidad de desarrollo de PHP, con buena documentación y soporte.

Plataforma web

La interfaz de la plataforma web está organizada en tres paneles dispuestos de forma vertical: el panel informativo, de contenido y de registro, dando relevancia al área de contenido, la cual es el área central, allí se enfoca la atención del usuario, donde se desplegará la información contenida en la plataforma y se realizarán las actividades a ser ejecutadas en cada módulo. Los paneles laterales (informativo y de registro) son secundarios y cumplen funcionalidades puntuales. El panel informativo muestra datos referentes a la web y el panel de registro permite la autenticación del usuario. Este flujo de trabajo es constante en todo el sistema.

5.3.3. Evaluación

El objetivo principal del prototipo inicial fue el mostrar una plataforma web orientada a profesores y estudiantes convencionales. Luego de suficientes revisiones de parte de los asesores y usuarios se expresó satisfacción, pues la plataforma es sencilla de usar y ofrece las funcionalidades requeridas.

El prototipo cumplió con las expectativas. Las observaciones estuvieron centradas en la corrección de los exámenes, pues inicialmente se diseñó para que todas las preguntas fuesen corregidas por el profesor de modo manual. Al respecto se incluyó la funcionalidad de corrección automática de las preguntas que pueden ser corregidas de este modo como la selección múltiple, selección simple, verdadero-falso.

Quedan abiertas algunas interrogantes respecto a la estrategia a seguir para el desarrollo de las funcionalidades relativas a la discapacidad. Muchas ideas pueden ser puestas en marcha, desde el uso de *HyperText Markup Language* versión 5 (HTML5) para el desarrollo de una web que pueda ser manipulada a través de clic, la cual puede estar incrustada en la plataforma web como parte del módulo estudiante o que la plataforma del profesor genere un componente que pueda ser ejecutado como un cliente desde el computador del estudiante.

5.4. Iteración 2

En este lazo se retoman las fases de análisis, síntesis y evaluación de la aplicación para responder las interrogantes que quedaron planteadas en la iteración anterior. En esta fase los requisitos y diseño del sistema han evolucionado, tomando la plataforma web como base para el trabajo al cual se le integrarán las funcionalidades que permitirán a un estudiante con discapacidad motora severa tomar una evaluación de conocimientos de forma independiente.

Con un prototipo inicial donde se cubren las funcionalidades relativas al diseño de

evaluaciones para estudiantes convencionales, se plantea la interrogante de cómo abordar las funcionalidades orientadas a usuarios con discapacidad motora severa, quiénes están muy restringidos en movimiento, en nuestro caso particular a la mano derecha, con la cual maneja ratones y conmutadores para comunicarse con su entorno a través de clics.

5.4.1. Análisis

Los usuarios a los cuales van dirigidas las funcionalidades desarrolladas en esta iteración son estudiantes con movilidad reducida.

La discapacidad motora limita al estudiante en su interacción con el entorno, siendo imperativo el estímulo de su capacidad cognitiva (y el derecho a la educación que le asiste). Para eso, los instructores se apoyan en herramientas tecnológicas y su práctica docente para mantener a estas personas activas, a través de lecturas y actividades que permitan conocer la opinión del estudiante, pues éste no tiene posibilidad de comunicarse de forma oral.

Así pues, la interacción depende en gran parte de los movimientos que pueda hacer la persona que posee la discapacidad. Muchas veces se trabaja con el pestañeo de los ojos, pequeños movimientos de la mano o de los pies, a partir de los cuales se realizan convenciones de monosílabos como “sí” o “no”. Por ejemplo un pestañeo puede significar “sí”; dos pestañeos “no”. Mirar hacia arriba puede significar “sí”, mirar hacia abajo puede significar “no”. Por consiguiente las preguntas están diseñadas para ser respondidas con: sí o no, las cuales según los docentes que trabajan con este tipo de persona son suficientes para evaluar la comprensión y así conocer si la actividad realizada ha sido entendida.

De preguntas respondidas con sí o no, se puede llegar a ampliar la comunicación con el estudiante a través de tableros usando comunicación aumentativa y alternativa. Este tipo de comunicación, basada en símbolos, permite ampliar el vocabulario, pues

el estudiante podrá señalar figuras relacionadas a sus pensamientos y así poder comunicarse. Este tipo de comunicación ha demostrado ser útil para personas con parálisis motora, cognitiva y sensorial.

Los tableros diseñados para poder llevar a cabo la comunicación aumentativa y alternativa se apoyan en el acto reflejo de hacer clic. Un simple clic permite armar oraciones usando símbolos que representan personas, objetos, sentimientos o acciones. La aplicación realiza un barrido constante a través de los símbolos organizados en cuadrícula para que el estudiante seleccione con un clic la figura deseada.

Para el diseño de este tipo de software es necesario hacer del clic el mejor aliado, y sacarle máximo provecho; es por ello que las evaluaciones que serán implementadas en el evaluador accesible se conforman con preguntas de tipo: selección múltiple, selección simple y verdadero-falso ya que son aptas para ser respondidas a través de la acción de clic.

Para la selección múltiple, la persona puede hacer clic en todas las opciones que considere correctas, las mismas son mostradas en pantalla de manera iterativa hasta que las múltiples opciones que el estudiante crea son correctas sean seleccionadas; en el caso de selección simple las opciones se muestran hasta que la persona haga clic sobre una opción, la cual es suficiente para responder la pregunta formulada, de este mismo modo se harán en el caso de las preguntas del tipo verdadero-falso, dichas opciones iterarán hasta que se pulse una de las opciones.

5.4.2. Síntesis

La fase de síntesis según la MPR debe centrarse en la arquitectura y diseño de la aplicación, en esta segunda iteración se describe el concepto arquitectónico para un cliente que pueda conectarse a la plataforma web y permitir que el estudiante con discapacidad motora pueda presentar una evaluación desde su computador.

Cliente

Para conceptualizar el modo de acceso del estudiante con discapacidad a la plataforma de evaluación se estudiaron varias alternativas. La solución debe ser accesible y multiplataforma para cumplir con los objetivos planteados. Además debe replicar el proceso de evaluación que se realiza al estudiante.

Como una primera posibilidad se propone el desarrollo de una página web usando HTML5 como parte de la plataforma web desarrollada para la evaluación o como un componente aparte que se comunicará de forma remota.

Las razones para tomar en cuenta el uso de HTML5 es que desde sus inicios HTML ha tomado en cuenta la accesibilidad, dicho lenguaje está tomando auge en la web, por su comportamiento estándar, se espera que *The World Wide Web Consortium* (W3C) lo recomiende para el año 2014 [Lujan, 2012]. HTML5 permite que cualquier lector de pantalla pueda interpretar su contenido y convertir textos a audio a través de un sintetizador de texto a voz.

Sin embargo, el desarrollo de un cliente bajo entorno web limita el acceso a las personas que no tengan conexión con internet. Se debe pensar en el manejo del navegador como una habilidad más que la persona necesita o debe ser asistida. Se reduce el campo visual por los marcos del navegador (barra de herramientas, barra de navegación, botones). Es por ello que se toma la decisión de desarrollar un cliente que pueda desplegar las preguntas en pantalla completa. Se decide comenzar las pruebas conceptuales con la librería *Open Graphics Library* (OpenGL) que es una librería gráfica para C++.

En primera instancia se desarrolló un prototipo que mostraba una escena en OpenGL, la cual desplegaba las preguntas haciendo un barrido de derecha a izquierda de modo que se pueda leer la pregunta completa, a una velocidad acorde con la capacidad de la lectura de la persona con discapacidad motora severa, para luego mostrar las respuestas itinerando (con el mismo efecto de barrido) hasta que las respuestas fuesen seleccionadas de modo satisfactorio. Aunque presenta un inconveniente para el despliegue de los acentos en idioma en español, ya que se estaban usando fuentes nativas

de OpenGL, las mismas no soportaban caracteres específicos de nuestro idioma.

La librería OpenGL no provee soporte para fuentes tipográficas por lo tanto tampoco tiene soporte para texto, sin embargo, si soporta mapas de bit (*bitmaps*) y eso puede ser usado como texto [Bernstein, 2004]. Pero no es posible usar el formato de codificación de caracteres conocido como *8-bit Unicode Transformation Format* (UTF-8), el cual permite dibujar los acentos en idioma español [Shikdutta, 2008]. Con esta limitante se pensó en realizar el diseño de los acentos con OpenGL. Sin embargo el uso de la librería *Fast Light Toolkit* (FLTK) proporciona una amplia gama de fuentes tipográficas y permite el uso de UTF-8. Es por ello que la herramienta seleccionada para el desarrollo del cliente es la biblioteca de interfaz gráfica de usuario (GUI) multiplataforma FLTK.

La librería FLTK, según [Spitzak, 2011], es una librería orientada al desarrollo de interfaces gráficas de usuario, con la concepción de la programación de gráficos en 3D, tiene una interfaz a OpenGL, pero también es posible programar interfaces de usuario en general. Usando su propio *widget* (pequeña aplicación o programa), permite dibujar gráficos 2D y programar sistemas orientados a eventos, desarrollados sobre el abstracto código dependiente del sistema, lo cual permite escribir programas que lucen idénticos cuando son compilados en cualquiera de los sistemas operativos soportados (Unix/Linux/BSD (X11), Mac OS X, Windows).

Comunicación Cliente-Servidor

Desarrollar un cliente utilizando FLTK, la cual es una librería que posibilita el diseño de formularios y con una interfaz a OpenGL, permite la conexión con el servidor, donde el estudiante es autenticado a través de una contraseña e identificador provistos por el sistema, al ejecutar el cliente aparece una caja de diálogo solicitando el identificador correspondiente al usuario y su respectiva clave, como se muestra en la figura 5.5, al ser autenticado se muestra un listado de las pruebas activas, como se muestra en la figura 5.6, al lado derecho de cada examen se encuentra un botón con el rótulo “Tomar Examen” que le permitirá seleccionar los exámenes activos. Estos pasos

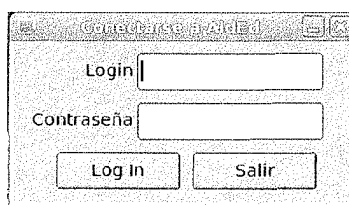


Figura 5.5: Caja de diálogo para la autenticación desde el cliente.

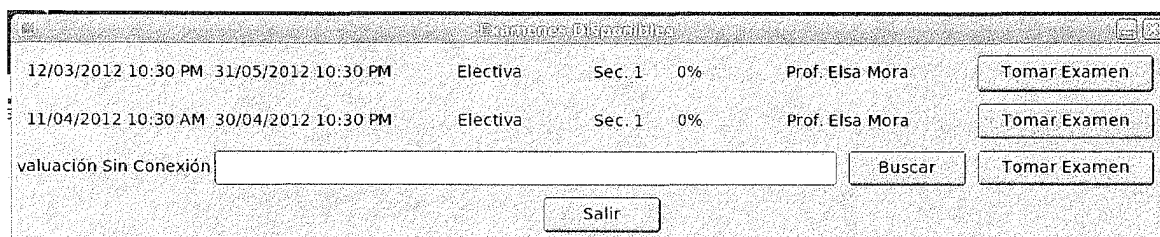


Figura 5.6: Listado de exámenes asignados al estudiante vistos desde el cliente.

previos son asistidos por una persona convencional, si el examen está activo, se despliegan las preguntas en pantalla, el estudiante con discapacidad podrá responder su examen de modo independiente, al finalizarlo, el cliente envía las respuestas al servidor y permitirá la asignación y corrección del examen a distancia. De no existir ningún examen asignado, el cliente lo notificará, como se muestra en la figura 5.7.

El cliente seleccionará aquellas preguntas que puedan ser respondidas con clic. Las preguntas se encuentran en un tabla de la base de datos asociadas al tipo de pregunta que le corresponde, el cliente verifica que las preguntas a desplegar sean de selección múltiple, selección simple o verdadero-falso. Cualquier pregunta de otro tipo será descartada y el cliente no la mostrará.

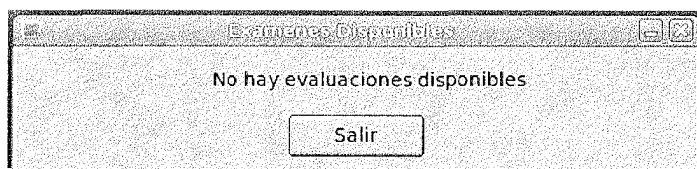


Figura 5.7: Caja de diálogo notificando al usuario que no hay exámenes asignados.

Otra forma de interpretación del examen por parte del cliente es a través de archivos en formato *eXtensible Markup Language* (XML), el sistema web puede generar un documento con los datos y estructuras necesarias para ser interpretado por el cliente evaluador y permitir a los estudiantes con discapacidad motora severa tomar un examen que sea distribuido a través de un medio físico. Esto permite al cliente dos modalidades de lectura del examen, directamente desde el servidor o desde el computador del estudiante.

Este examen se obtiene del mismo modo en que se hace con el examen en formato PDF. El profesor diseña la evaluación y al guardarlo se visualiza la opción de generar un archivo como se muestra en la figura 5.8 identificado con el Símbolo Internacional de Accesibilidad ³, el archivo se descarga al computador y puede guardarse en un medio de almacenamiento externo para tenerlo como respaldo o para hacerlo llegar al estudiante.

Para entender como se estructura el documento XML, debemos conocer que es una base de datos semiestructurada por lo tanto los nodos y sus posiciones son relativas y no presentan una estructura rígida; el documento generado tiene un nodo raíz etiquetado “evaluacion” dentro de este nodo se encuentran los nodos de las preguntas que poseen un atributo para determinar el tipo de pregunta: seleccion múltiple(sm), seleccion simple (ss), abierta (a), completacion (c), verdader-falso (vyf). Cada pregunta está conformada por un enunciado y las respuestas asociadas a la pregunta, estas son estructuras simples con un nodo etiquetado enunciado y respuesta, y dentro de ellos un nodo de texto con el valor asociado.

Conexión del cliente con el sintetizador de voz

Una vez culminado el desarrollo del cliente con todas las funcionalidades para que un estudiante con movilidad reducida pueda presentar un examen usando este software

³El Símbolo Internacional de Accesibilidad (SIA) consiste en un cuadro azul con la imagen estilizada de una persona en silla de ruedas en color blanco (véase la figura). Los derechos de autor del logo (ISO 7001), pertenecen a la Comisión Internacional sobre Tecnología y Accesibilidad,(ICTA), un comité de Rehabilitation International. Fue diseñado por Susanne Koefoed en 1968. [Rehabilitation International, 2012]

Examen 1 Examen en formato XML

```

1: < evaluacion id = "28" >
2:     < pregunta tipo = "sm" id = "186" >
3:         < enunciado > El nivel textual estã constituido por :< /enunciado >
4:         < respuesta id = "389" > La secuencia textual narrativa < /respuesta >
5:         < respuesta id = "391" > La secuencia textual descriptiva < /respuesta >
6:         < respuesta id = "394" > La secuencia textual argumentativa < /respuesta >
7:     < /pregunta >
8:     < pregunta tipo = "vyf" id = "185" >
9:         < enunciado > Lo informativo es objetivo y lo de opini3n es subjetivo < /enunciado >
10:        < respuesta id = "388" > Verdadero < /respuesta >
11:        < respuesta id = "392" > Falso < /respuesta >
12:    < /pregunta >
13:    < pregunta tipo = "ss" id = "187" >
14:        < enunciado > Los g3neros periodísticos se clasifican seg3n :< /enunciado >
15:        < respuesta id = "390" > la funci3n comunicativa y el tipo de estructura textual < respuesta >
16:        < respuesta id = "393" > la funci3n emotiva < /respuesta >
17:        < respuesta id = "395" > la funci3n referencial < /respuesta >
18:        < respuesta id = "397" > a. ninguna de las anteriores < /respuesta >
19:    < /pregunta >
20:    < pregunta tipo = "sm" id = "188" >
21:        < enunciado > Los g3neros de entretenimiento son :< /enunciado >
22:        < respuesta id = "396" > ajedrez, domin3 y bolas criollas < /respuesta >
23:        < respuesta id = "398" > humor grãfico y humor verbal < /respuesta >
24:        < respuesta id = "399" > hor3scopos, juegos y literatura < /respuesta >
25:    < /pregunta >
26: < /evaluacion >

```

EXAMEN					
Curso: Electiva					
Inicio	Fin	Porcentaje	Editar	PDF	AidED
12/03/2012 10:30 PM	31/05/2012 10:30 PM	0			
13/03/2012 10:30 AM	31/03/2012 10:30 PM	50			
11/04/2012 10:30 AM	30/04/2012 10:30 PM	0			

Figura 5.8: Listado de exámenes con sus respectivos íconos que indican acciones para generar la evaluación en formatos PDF y XML.

www.bdigital.ula.ve

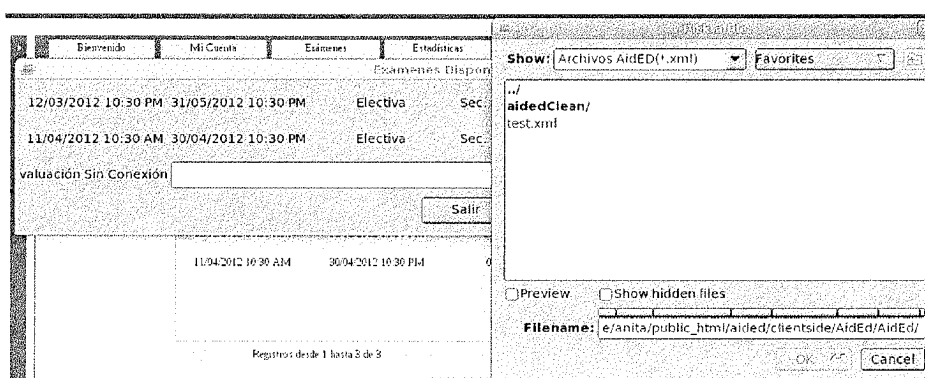


Figura 5.9: Caja de diálogo que permite buscar el archivo XML en el computador para desplegar el examen sin necesidad de conexión con el servidor.

Ing. Ana Rangel - Diseño y desarrollo de una herramienta para la evaluación de conocimientos a personas con discapacidades motoras severas

como medio para ser evaluado, es necesario conectarlo a un sintetizador de voz, esto para reforzar el acto de lectura.

Se le llama sintetizador de voz a la producción artificial de voz humana. Este puede ser un sistema computacional usado para este propósito, puede ser implementado como software o hardware.

Se estudiaron sintetizadores de voz que cumplieran con los siguientes requerimientos:

- Multiplataforma: Para que el cliente sea portable, que pueda ejecutarse en diferentes sistemas operativos.
- Código abierto: Para evitar inconvenientes por el pago de licencias y poder distribuir el software sin restricciones.
- Interfaz de conexión a través del sistema operativo: Para tener la posibilidad de hacer la conexión con el cliente y el sintetizador a través de llamadas al sistema.

Las dos alternativas que cumplen con las características requeridas son *Festival* y *eSpeak*.

Festival es un sistema de síntesis de voz de propósito general para múltiples lenguajes desarrollado originalmente por el Centro de Investigación de Tecnologías del Lenguaje de la Universidad de Edinburgo. Se distribuye como software libre. *Festival* y las herramientas de síntesis de voz se distribuyen bajo licencia tipo MIT-X11 permitiendo uso comercial y no comercial sin restricción [The Centre for Speech Technology Research, 2007]. Su funcionamiento se basa en la concatenación de difonos y selección de unidades.

Existen voces en español para Festival, estas fueron desarrolladas para la distribución de GNU/Linux Guadalinex⁴. Sin embargo es posible utilizar síntesis del habla usando voces venezolanas usando la implementación de un sistema de conversión de texto a voz para español venezolano.

⁴<http://www.guadalinex.org/>

Según [Mora and Rodríguez, 2006] el conversor de texto a voz es un sistema de síntesis de habla con voz venezolana a partir de texto español. Este sistema está basado en el método mbrola⁵ de concatenación de difonos que permite generar cualquier enunciado en español venezolano.

Estas voces venezolanas pueden ser reproducidas con *eSpeak*, ya que dicho sintetizador puede ser usado como interfaz a voces basadas en difonos de mbrola para proveer traducciones de texto a fonemas y prosodia.

Es por ello que se selecciona *eSpeak* como sintetizador de voz, además es un software ligero de código abierto y multiplataforma (Linux, windows entre otras). Usa el método de la síntesis basada en formantes, soportando varios idiomas sin ocupar mucho espacio en disco.

La aplicación *eSpeak* funciona de manera independiente del cliente desde donde el estudiante con discapacidad motora presenta el examen. Permite generar voces a partir de texto para lo cual la aplicación utiliza dos argumentos de entrada, que son: el idioma y el texto a reproducir. En este caso el texto serán las preguntas y respuestas en idioma español venezolano.

En el caso del cliente se hace uso de las librerías para interactuar con el sistema anfitrión que provee C++, en particular la función “system”, la cual recibe como argumentos una línea de comando que debe ejecutar el sistema operativo.

De esta manera se hace un llamado a *eSpeak* como si se estuviera invocando directamente del sistema operativo, haciendo transparente la ejecución interna de esta aplicación.

5.4.3. Evaluación

Con una versión del prototipo con la que el usuario final puede interactuar para verificar si las funcionalidades cumplen con las expectativas de la parte interesada, esta

⁵<http://tcts.fpms.ac.be/synthesis/>

pasa a ser evaluada para decidir si el software puede pasar del estado de prototipo al de sistema funcional.

En esta segunda iteración se evalúan las funcionalidades que están relacionadas con la discapacidad motora, la manipulación del cliente accesible a través de clic.

La parte interesada ha evaluado las funciones del cliente, recordando el modo en que se realizaba la evaluación cuando no existía una herramienta en la que el docente pudiese apoyarse para esta actividad, en la cual se le presentaban las preguntas al estudiante en documentos con formato *Word* o presentaciones de *Power Point*, una vez que se le leían las preguntas al estudiante el respondía con las convenciones de comunicación explicadas anteriormente. Quedaba la duda si algunas veces el instructor por empatía daba la señal de respuesta correcta muy pronto al estudiante dando una ventaja a la hora de evaluar.

Con el cliente, la única función que no es accesible es la autenticación en el sistema, esto es un factor de *trade-off*, este término se define como la búsqueda racional del equilibrio entre factores contrapuestos, en este caso, las funcionalidades que se deben contraponer son: una autenticación accesible *versus* el acceso a la base de datos.

Se dejó en segundo plano la accesibilidad de la autenticación del usuario para poder comunicar el cliente con la plataforma web y así acceder a las evaluaciones de modo remoto y enviar las respuestas al servidor para la posterior corrección.

La evaluación de estas pruebas resultó satisfactoria dado que el equipo de trabajo verificó que el software cumpliera su objetivo, el cual es la evaluación de conocimientos a personas con tetraplejia severa. Se corrigen algunos errores de índole técnico y se decide que esta es la iteración final. El sistema es ahora un sistema funcional, se detienen el lazo de la MPR. Se amplía en detalles las pruebas realizadas en el capítulo 6.

Capítulo 6

Pruebas

Una vez concluido el desarrollo y teniendo un sistema funcional, se procede a realizar pruebas de evaluaciones con profesores y uno de los estudiantes que posee las características previstas para el uso de este software.

Se realizaron dos sesiones de prueba, la primera para que el estudiante y el profesor se familiarizaran con el uso del cliente para realizar la evaluación.

En la primera sesión se explicó, tanto al estudiante como al profesor el objetivo del software, así como las instrucciones para el uso y funcionamiento del cliente. Una vez que el profesor realiza la autenticación con el identificador y clave correspondientes al estudiante, se muestran los exámenes asignados. Se procede a seleccionar el examen que el profesor quiere aplicar para iniciar el proceso de evaluación. Seleccionado éste, queda de parte del estudiante el uso del cliente.

El proceso previsto se inicia con el despliegue de las preguntas una a una, éstas son leídas por un sintetizador de voz para facilitar la audición al estudiante.

Luego del despliegue de cada pregunta, se comienzan a desplegar las respuestas, de modo itinerante hasta que el estudiante responda la pregunta. Esto es particular de cada tipo de respuesta. Si la pregunta es de tipo selección simple, al escoger una

respuesta, se comenzará a desplegar la siguiente pregunta. Para la selección múltiple, las respuestas iteran hasta que el estudiante seleccione el número de respuestas que satisfaga la pregunta. En las preguntas de verdadero-falso las respuestas dejan de aparecer al seleccionar una de las opciones.

Una vez terminado el examen, el software volverá a desplegar las preguntas con las respuestas seleccionadas por el estudiante. Si el estudiante desea cambiar sus respuestas, sólo debe dar clic a la nueva opción como la primera vez que respondió el examen. Si el estudiante no desea cambiar sus respuestas solo debe esperar la culminación del ciclo de reconocimiento y la aplicación terminará cuando todas las preguntas sean mostradas. Seguidamente, el cliente enviará las respuestas al servidor.

La primera evaluación con la cual se probó el funcionamiento del sistema a un estudiante fue trivial. La prueba estaba compuesta de dos preguntas, que se muestran a continuación.

1. Pregunta: ¿El aguacate es una fruta?

- a) verdadero*
- b) falso

2. Pregunta: ¿Cuál de las siguientes Opciones es un vegetal?

- a) naranja
- b) brócoli*
- c) almendra

El estudiante respondió correctamente a estas preguntas triviales, la interfaz utilizada para la prueba tiene de fondo una pantalla color gris con letras blancas. Como se muestra en la figura 6.1

Luego de comprobar el funcionamiento apropiado de la herramienta, se le aplicó un instrumento de valoración preguntando acerca del aspecto de la interfaz.

El instrumento contenía las siguientes preguntas:

Ing. Ana Rangel - Diseño y desarrollo de una herramienta para la evaluación de conocimientos a personas con discapacidades motoras severas

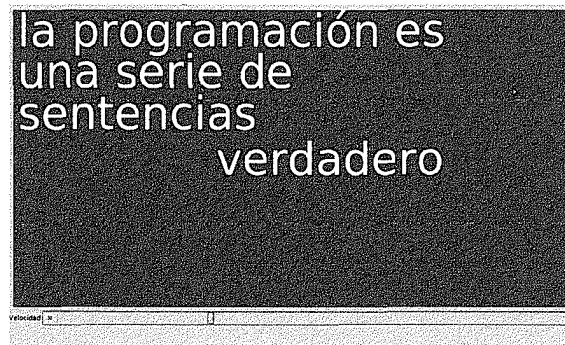


Figura 6.1: Captura de pantalla de la interfaz con los colores gris y blanco

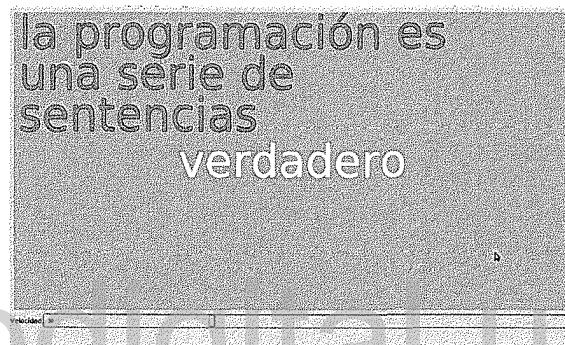


Figura 6.2: Captura de pantalla de la interfaz con los colores azul y rojo

1. ¿Estás conforme con el color del texto? Respuesta: No.
2. ¿Estás conforme con el color de fondo? Respuesta: No, preferencia azul.
3. ¿Te parece bien el tamaño del texto? Respuesta: Sí.
4. ¿Te gustaría que el color de las letras de las preguntas fuese diferente al color de las letras de las respuestas?
5. Si la respuesta es positiva: ¿Qué color para las preguntas? ¿Qué color para las respuestas? Respuesta: Rojo y blanco respectivamente.

Es por ello que la interfaz se modificó, como se muestra en la figura 6.2

Una vez realizados los cambios a la interfaz, luego de la prueba piloto, se concertó una sesión para realizar un examen formal. Las respuestas correctas están marcadas con asterisco. El contenido del examen fue el siguiente:

1. Los géneros periodísticos se clasifican según:
 - a) la función comunicativa y el tipo de estructura textual*
 - b) la función emotiva
 - c) la función referencial
 - d) ninguna de las anteriores
2. Según la función comunicativa los géneros periodísticos se clasifican en:
 - a) emisor, receptor y mensaje
 - b) informativos, de opinión y de entretenimiento*
 - c) medios de comunicación
 - d) ninguna de las anteriores
3. Según la estructura textual los tipos textuales de los géneros periodísticos son:
 - a) narrativo y argumentativo
 - b) descriptivo y explicativo
 - c) dialogal e instruccional
 - d) todas las anteriores*
4. Los géneros informativos son:
 - a) crónica, nota informativa y entrevista
 - b) investigación, primera plana, nota color,
 - c) secciones fijas, foto de prensa documental
 - d) todas las anteriores

5. Los géneros de opinión son:

- a) cuentos, novelas y ensayos
- b) editoriales, columnas de opinión, análisis o comentario, panorama, reseñas y foto editorial*
- c) notas, datos y estadísticas
- d) ninguna de las anteriores

6. Los géneros de entretenimiento son:

- a) ajedrez, dominó y bolas criollas
- b) humor gráfico y humor verbal*
- c) horóscopos, juegos y literatura*

7. Lo informativo es objetivo y lo de opinión es subjetivo

- a) Verdadero*
- b) Falso

El estudiante no tuvo inconveniente con el uso del cliente, respondió de modo correcto a todas las preguntas, la evaluación se guardó en el servidor.

Luego de esta evaluación se le hizo otra encuesta al estudiante:

- 1. ¿El software es útil para tí? Respuesta: Sí.
- 2. Los colores que te colocaron fueron los que tu nos sugeriste para tener una buena visión, ¿Te parece que esos colores están adecuados? ¿El fondo azul con la letra roja? Respuesta: Sí.
- 3. ¿El tamaño de la letra te pareció adecuado? Respuesta: Sí.

Con estas respuestas se comprueba que el software es un medio útil para la aplicación de exámenes a personas con movilidad reducida.

Esta prueba se realizó con un estudiante de 24 años, quién tiene una condición de movilidad reducida (tetraplejia severa), se utilizó un equipo portátil con el sistema operativo GNU/Linux Debian versión *squeeze*, el estudiante utilizó el ratón como medio periférico para responder las preguntas. La prueba duró 60 minutos aproximadamente.

www.bdigital.ula.ve

Capítulo 7

Conclusión

Este trabajo tuvo como objetivo principal la elaboración de un software que permitiera la evaluación de contenidos académicos de forma presencial o a distancia, dependiendo de la modalidad de estudio y la persona, convencional o con discapacidad, que responde las preguntas que conforman la evaluación.

El software se desarrolló usando la Metodología de Prototipado Rápido de Sistemas de Información E1340-5(2010) como guía. Para el desarrollo de la plataforma web que permite el diseño de las evaluaciones se seleccionó *Zend Framework* el cual está escrito en PHP5 bajo arquitectura MVC. Para concretar las funcionalidades de accesibilidad se había planteado desarrollar usando el lenguaje HTML5, sin embargo hacerlo de este modo implicaría el uso del navegador, lo cual requiere de asistencia, para personas con discapacidad motora severa; finalmente se usó FLTK, una librería para hacer interfaces gráficas en OpenGL para el desarrollo de un cliente que se comunica con el portal web para desplegar las evaluaciones y permitir al estudiante con discapacidad responder el examen y enviar las respuestas al servidor.

El desarrollo e implementación de esta herramienta ideada fundamentalmente para personas con discapacidades motoras severas deja como experiencia que las tecnologías

de asistencia tienden a ser particulares en cada caso. La publicación de software/hardware que pueda ser modificado, ayudará a cientos de personas que posean una discapacidad de ese tipo, como es el caso de tetraplejia severa, la cual entra dentro del renglón de discapacidad motora.

Para un desarrollo de tecnología de asistencia es necesario que el programador estudie y observe previamente al inicio del proyecto las dificultades que la persona con discapacidad posee y las destrezas que mantiene para poder diseñar, desarrollar e implementar una herramienta que facilite el desenvolvimiento en actividades comunes de la vida académica con un alto grado de independencia. Para personas con discapacidad motora severa se deben detectar movimientos en pies o manos ya que será el modo en que podrán manipular periféricos tales como el teclado o ratón, permitiendo con un clic acceder al computador a través de las tecnologías de asistencia.

Trabajar sobre prototipos que puedan ser mejorados a medida que avanza el proyecto es una real ventaja tanto para el desarrollador como para el usuario final, ya que muchas veces quienes trabajan con personas con discapacidad en el ámbito educativo están alejadas del ámbito tecnológico. Con los prototipos de software es posible definir el alcance de ellos, ya que la tecnología tiene sus limitaciones y existen muchos mitos en torno a ella, en el sentido de que la tecnología puede facilitar una acción si ésta se adapta a las necesidades requeridas, de lo contrario puede ser una razón de frustración para el usuario.

A partir de este trabajo se proponen mejoras que puedan adaptarse a otros casos de discapacidad motora, como sería un módulo que permita a la persona con discapacidad responder el examen con pestañeo y que esta acción sea interpretada como clic a través de una cámara web. La adaptación del cliente accesible a gestores de conocimiento como *Moodle* haría que este proyecto llegara a más usuarios, aprovechando la vasta comunidad que rodea a esta plataforma de distribución libre.

En cuanto a la plataforma web en el caso de estudiantes convencionales, se podrían incluir varios tipos de exámenes que sean asignados de modo aleatorio, así el profesor podrá evaluar a distancia evitando la copia del examen o la solución de exámenes en

grupo cuando la intención del instructor sea evaluar de modo individual. También se propone la incorporación de un banco de preguntas, las cuales pueden estar disponibles al momento de diseñar un nuevo examen.

www.bdigital.ula.ve

Bibliografía

[Asociación Española de Normalización y Certificación, 2003] Asociación Española de Normalización y Certificación (2003). Norma une-en iso 9999: Ayudas técnicas para personas con discapacidad. clasificación y terminología.

[ASTM, 2005] ASTM (2005). *Standard Guide for Rapid Prototyping of Information Systems*, pages 1–12. American Society for Testing Material (ASTM), astm e1340-2005 edition.

[ATICA - Servicio de Desarrollo - Universidad de Murcia, 2007] ATICA - Servicio de Desarrollo - Universidad de Murcia (2007). Curso de suma para profesores. http://www.um.es/atica/gat/tdm/cursosuma/dia_1/index_1.htm. Fecha de consulta: enero 15, 2012.

[Barraza, 2006] Barraza, C. (2006). Discapacidad motora. <http://disfonema.wordpress.com/2006/10/13/discapacidad-motora/>. Fecha de consulta: marzo 4, 2012.

[Bernstein, 2004] Bernstein, D. (2004). Text in opengl, an introduction. https://users.cs.jmu.edu/bernstdh/web/common/lectures/slides_opengl-text.php. Fecha de consulta: octubre 11, 2011.

[Beukelman and Mirenda, 2005] Beukelman, D. and Mirenda, P. (2005). Augmentative & alternative communication: supporting children & adults with complex communication needs.

- [Burbeck, 1992] Burbeck, S. (1992). How to use model-view-controller (mvc). <http://st-www.cs.illinois.edu/users/smarch/st-docs/mvc.html>. Fecha de consulta: febrero 29, 2012.
- [Burgstahler, 2002] Burgstahler, S. (2002). Real connections: Making distance learning accessible to everyone. <http://www.washington.edu/doit/Brochures/Technology/distance.learn.html>. Fecha de consulta: junio 20, 2010.
- [CNICE-MEC, 2006] CNICE-MEC (2006). Accesibilidad, tic y educación. serie informes-17. <http://ares.cnice.mec.es/informes/17/>. Fecha de consulta: marzo 10, 2012.
- [Cook, 2002] Cook, S. (2002). Speech recognition. <http://www.tldp.org/HOWTO/Speech-Recognition-HOWTO/>. Fecha de consulta: octubre 20, 2011.
- [Dorda et al., 2004] Dorda, J. R., González, J. R., and Campo, M. D. (2004). De las ayudas técnicas a la tecnología asistiva. <http://www.tecnoneet.org/docs/2004/2-12004.pdf>. Fecha de consulta: marzo 7, 2012.
- [Educacontic, 2009] Educacontic (2009). Thatquiz: el sitio web dedicado a las matemáticas. <http://www.educacontic.es/blog/thatquiz-el-sitio-web-dedicado-las-matematicas>. Fecha de consulta: febrero 20, 2012.
- [G. Bauer and Rumpl, 1979] G. Bauer, F. G. and Rumpl, E. (1979). Varieties of the locked-in syndrome. *Journal of Neurology*, 221(2):77–91.
- [Glozar et al., 2007] Glozar, J., Kasternova, L., Necas, O., Ondra, S., and Penaz, P. (2007). E-learning accessibility for students with disabilities. http://www.teiresias.muni.cz/download/e-learning_accessibility.pdf. Fecha de consulta: abril 17, 2012.
- [IBM publications, 2003] IBM publications (2003). Rational rapid developer, technical overview. Technical report, IBM, Rational Software.
- [IEEE, 1990] IEEE (1990). Standard glossary of software engineering terminology.

- [Karpich, 2007] Karpich, A. (2007). Moodle no es la opción accesible. <http://karpicius.freeflux.net/blog/archive/2007/01/02/moodle-no-es-la-opcion-accesible.html>. Fecha de consulta: febrero 18, 2012.
- [Lujan, 2012] Lujan, S. (2012). ¿qué es mejor, flash o html5? <http://accesibilidadenlaweb.blogspot.com/2012/03/que-es-mejor-flash-o-html5.html>. Fecha de consulta: abril 24, 2012.
- [Moodle Docs, 2012] Moodle Docs (2012). Acerca de moodle. <http://moodle.org/?lang=es>. Fecha de consulta: febrero 20, 2012.
- [Mora, 2008] Mora, E. (2008). Discapacidad y comunicación: Una experiencia de fonética aplicada. *Estudios de Fonética Experimental*, 18(XVII):317–329.
- [Mora and Rodríguez, 2006] Mora, E. and Rodríguez, M. (2006). Conversor texto a voz en el dialecto venezolano por medio de la concatenación de difonos. *Revista Ciencia e Ingeniería*, 27(2):79–87.
- [Moreno, 1995] Moreno, M. (1995). *Didáctica. Fundamentación y práctica*. Editorial Progreso.
- [Pérez, 2006] Pérez, R. (2006). *Evaluación de programas educativos*. La Muralla.
- [Rehabilitation International, 2012] Rehabilitation International (2012). The international symbol of access (isa). <http://www.riglobal.org/symbol-of-access/>. Fecha de consulta: abril 20, 2012.
- [Santos and Moreno, 2009] Santos, M. and Moreno, L. (2009). Evaluación y discapacidad. de la concepción técnica a la dimensión crítica. *Educación inclusiva*, 2(1):123–140.
- [Servicio de Programas Educativos y Atención a la Diversidad, 2004] Servicio de Programas Educativos y Atención a la Diversidad (2004). Guía para la atención educativa del alumnado con discapacidad motora. <http://recursos.educarex.es/pdf/recursos-diversidad-DGCEE/guiadefmot.pdf>. Fecha de consulta: marzo 4, 2012.

- [Shikdutta, 2008] Shikdutta, K. (2008). Drawing text in opengl es. <http://www.koushikdutta.com/2008/10/drawing-text-in-opengl-es.html>. Fecha de consulta: octubre 11, 2011.
- [Sistemas Informáticos TLATOANI, 2006] Sistemas Informáticos TLATOANI (2006). Funcionalidades moodle. http://www.solucionesparati.net/CMS2008/index.php?option=com_content&task=view&id=30&Itemid=53. Fecha de consulta: marzo 5, 2012.
- [Special needs technology assessment resource support team (START), 1996] Special needs technology assessment resource support team (START) (1996). Meeting the needs of students with physical disabilities. <http://www.nsnet.org/start/physical.pdf>. Fecha de consulta: marzo 10, 2012.
- [Spitzak, 2011] Spitzak, B. (2011). Fast light toolkit. <http://www.fltk.org/>. Fecha de consulta: noviembre 15, 2011.
- [The Centre for Speech Technology Research, 2007] The Centre for Speech Technology Research (2007). Festival speech synthesis system. <http://www.cstr.ed.ac.uk/projects/festival/>. Fecha de consulta: abril 20, 2012.
- [The Open University, 2012a] The Open University (2012a). History of the open university. <http://www8.open.ac.uk/about/main/the-ou-explained/history-the-ou>. Fecha de consulta: marzo 5, 2012.
- [The Open University, 2012b] The Open University (2012b). Services for disabled students. <http://www.open.ac.uk/disability/>. Fecha de consulta: marzo 5, 2012.
- [Torres and Torres, 2005] Torres, M. and Torres, C. (2005). Formas de participación en la evaluación. *Educere*, 9(031):487-496.
- [University of Edinburgh, 2003] University of Edinburgh (2003). Real connections: Making distance learning accessible to everyone. www.callscotland.org.uk/resources/Quick-Guides/Assets/Downloads/Why-Use-BoardMaker.pdf. Fecha de consulta: noviembre 17, 2010.

[WebAIM, 2002] WebAIM (2002). Motor disabilities. <http://webaim.org/articles/motor/assistive>. Fecha de consulta: junio 20, 2010.

[Zend Technologies, 2009] Zend Technologies (2009). Programmer's reference guide. <http://framework.zend.com/manual/en/introduction.overview.html>. Fecha de consulta: octubre 20, 2011.

www.bdigital.ula.ve