



REXE. Revista de Estudios y Experiencias en Educación

ISSN: 0717-6945

ISSN: 0718-5162

rexe@ucsc.cl

Universidad Católica de la Santísima Concepción
Chile

Diseño de un sistema para administrar pruebas en línea con base a estándares y lineamientos internacionales

Sarabia Ocampo, Zulma; Rodríguez Macías, Juan Carlos

Diseño de un sistema para administrar pruebas en línea con base a estándares y lineamientos internacionales

REXE. Revista de Estudios y Experiencias en Educación, vol. 17, núm. 35, 2018

Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=243158173004>

DOI: <https://doi.org/10.21703/rexe.20181735sarabia4>

Diseño de un sistema para administrar pruebas en línea con base a estándares y lineamientos internacionales

Design of a system to administer online tests based on international standards and guidelines

Zulma Sarabia Ocampo zulma.sarabia@uabc.edu.mx

Instituto de Investigación y Desarrollo Educativo, México

Juan Carlos Rodríguez Macías juancr_mx@uabc.edu.mx

Instituto de Investigación y Desarrollo Educativo, México

REXE. Revista de Estudios y Experiencias en Educación, vol. 17, núm. 35, 2018

Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile

Recepción: 12 Junio 2018
Aprobación: 22 Agosto 2018

DOI: <https://doi.org/10.21703/rexe.20181735sarabia4>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=243158173004>

Resumen: El presente estudio tuvo como objetivo diseñar un sistema de cómputo alineado con estándares psicométricos internacionales y lineamientos del diseño universal que definen la calidad técnica de los instrumentos de evaluación educativa, tras su elaboración el sistema permitirá administrar en línea instrumentos estandarizados como exámenes, analizar y elaborar los correspondientes reportes de resultados específicos para diferentes usuarios. Al diseño del software se denominó SALIDEA (Sistema para administrar en línea instrumentos de evaluación del aprendizaje), se requirió efectuar un análisis de requerimientos. Además, se presenta una representación gráfica de la estructura del sistema, en la que se muestran las funciones y relaciones entre los componentes que integran el software. Finalmente, se discuten las ventajas y desventajas que podría tener este sistema.

Palabras clave: Evaluación en línea, Diseño de software, Estándares psicométricos, Diseño universal, evaluación en línea, Análisis de requerimientos, interfaz gráfica.

Abstract: The objective of this study was to design a computer system aligned with international psychometric standards and universal design guidelines that define the technical quality of educational evaluation instruments. After its elaboration, the system will allow online administration of standardized instruments such as exams, analyze and elaborate the corresponding reports of specific results for different users. The design of the software was called SALIDEA (System for online administration of learning assessment instruments), it was required to perform a requirements analysis. In addition, a graphic representation of the structure of the system is presented, in which the functions and relationships between the components that make up the software are shown. Finally, the advantages and disadvantages that this system could have are discussed.

Keywords: Online assessment, software design, psychometric standards, universal design of assessments, requirements analysis.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha sido necesario normar a los exámenes de alto impacto, desde su diseño, elaboración, administración, calificación y el análisis y reporte de sus resultados. Al respecto, la comunidad internacional de evaluadores se ha orientado por los estándares desarrollados como el International Test Commission (2014) y el Joint Committee on Testing Practices (2004; 2014), integrado por la Asociación Norteamericana de Psicología (APA), la Asociación

Norteamericana de Investigación Educativa (AERA) y el Consejo Nacional para la Evaluación en Educación (NCME).

De acuerdo con el International Test Commission (2014) y el Joint Committee on Testing Practices (2004), las pruebas deben de contar con administradores los cuales deben detallar ciertas características que se requieren para la buena administración de las pruebas en línea; las principales son:

- Proporcionar evidencia de lo que mide el examen.
- Describir cómo fueron seleccionados los contenidos del examen y cómo fue desarrollado.
- Asesorar a los usuarios de las pruebas sobre los beneficios y limitaciones de los resultados de la prueba y su interpretación apropiada.
- Proporcionar resultados de las pruebas de manera oportuna y de forma que se entiendan por parte del examinado.
- Proteger los resultados de las pruebas de accesos y publicación no autorizados.

Las evaluaciones en línea deben contar con lineamientos que eviten afectar al examinado al momento de contestar la prueba, el diseño universal de las evaluaciones es un enfoque para el desarrollo de pruebas que en principio busca maximizar la accesibilidad para todos los evaluados. Los lineamientos del diseño universal, exigen que los desarrolladores de la prueba sean claros en el constructo que se desean evaluar (Joint Committee on Testing Practices, 2014). El diseño universal es un concepto que permite la más amplia gama posible de estudiantes participar en las evaluaciones e incluso reducir la necesidad de efectuar adaptaciones a los test y de utilizar evaluaciones alternativas, como medios para ampliar el acceso a las pruebas al expandir el acceso a ellas (Sarabia, Contreras, Rodríguez y Caso, 2016).

En algunos países de América como Estados Unidos, Canadá y México se ha enfatizado la idea de rendir cuentas en el ámbito de la evaluación a gran escala, por lo que las instituciones educativas de cada país publicó los resultados de manera que las autoridades educativas y la sociedad conozcan la situación educativa de su entorno. Por ello, se requiere diseñarlas y administrarlas de manera que minimice el sesgo y permitan la participación del más amplio rango de examinados, incluso aquellos que han sido excluidos de la evaluación por su condición física o psicológica (Thompson, Johnstone y Thurlow, 2002).

2. MÉTODO

Para establecer cómo atendería SALIDEA los estándares y lineamientos, se siguió una serie de pasos que a continuación en la figura 1 se muestran.

La figura 1 muestra el proceso general que se siguió para diseñar SALIDEA.

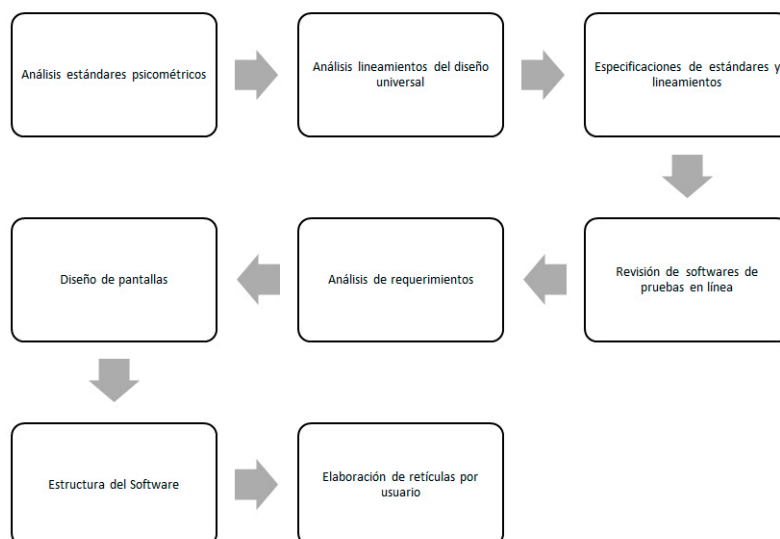


Figura 1.
Etapas del proceso de diseño de SALIDEA

Como puede observarse en el diagrama, lo que primero se hizo fue una revisión de la literatura acerca de los estándares psicométricos y lineamientos del diseño universal de las evaluaciones en línea, enseguida se consideraron las necesidades de los usuarios del sistema. Luego se procedió a especificar los requerimientos necesarios para identificar los componentes y las funciones del sistema. A partir de los requisitos funcionales del sistema que fueron identificados, se procedió a elaborar un diseño preliminar del sistema de evaluación que produjo las ventanas de la interfaz, con sus controles y funciones de navegación y con los requisitos no funcionales se describieron las restricciones del sistema finalmente con todos los requerimientos se hizo un diseño detallado de los componentes especificados en la interfaz gráfica del sistema y funciones necesarias para cada uno de los usuarios de SALIDEA, mismo que fue representado de manera gráfica mediante una retícula.

Antes de proceder al diseño, se deben tomar en cuenta ciertos aspectos de lenguaje e interfaz gráfica, a continuación en la Tabla 1 y 2 se describen ciertas características.

Tabla 1.
Lenguaje

Estrategia	Descripción
Reducir los textos	Reducir los textos y evitar material que sea irrelevante.
Eliminar palabras inusuales	Utilizar palabras comunes, de acuerdo con la escolaridad de los examinados.
Evitar palabras ambiguas	Evitar palabras que puedan tener doble significado.
Evitar sinónimos en el mismo texto	Evitar múltiples nombres para el mismo concepto.
Evitar gráficos inconsistentes	Elegir un solo tamaño y forma para las imágenes y gráficos de los ítems.
Insertar instrucciones específicas cuando el ítem contiene gráficos	Insertar instrucciones en el encabezado del ítem, por ejemplo: en la tabla de abajo encontraras ...
Marcar todos los ítems	Asegurar que todos los ítems estén marcados con un número, letra, viñeta, etc.

Elaboración propia basada en Thompson et al. (2002).

Tabla 2.
Características de máxima legibilidad

Dimensión	Características de legibilidad
Contraste	Letra de color negro en fondo de color pastel o blanco para favorecer la legibilidad y disminuir la fatiga visual.
Tamaño de la letra	Tamaño grande de letra para apoyar a los examinados que están aprendiendo a leer, y a los alumnos con dificultades visuales y personas con problemas de fatiga ocular.
Tipo de letra	Tipo de letra estándar, con mayúsculas y minúsculas, para facilitar la lectura.
Justificación	Texto alineado a la izquierda, para apoyar a lectores con dificultad para leer.
Longitud del renglón	Longitud del renglón de 4 pulgadas (8 a 10 palabras por línea) para evitar la fatiga de lector y la dificultad para localizar el inicio del siguiente renglón.
Gráficas y tablas	Símbolos altamente discriminables en los gráficos, etiquetas colocadas junto a las barras o líneas de las gráficas, para su fácil localización.
Ilustraciones	Ilustraciones ubicadas al lado de la pregunta que las requieran y siempre que incluyan información cuyo dominio se evalúa.
Formatos de respuesta	Opciones de respuesta con burbujas más grandes en los ítems de respuesta seleccionada.

Elaboración propia basada en Thompson et al. (2002).

Especificación de requerimientos del sistema

La especificación de requerimientos de SALIDEA fue un proceso minucioso en el cual se hicieron explícitos los requisitos del sistema para

los diferentes elementos, sistemas de datos o secciones de información que integran el sistema para administrar exámenes que aquí se propone. Lo primero que se hizo fue analizar la información encontrada, es decir, se traduce la información recopilada a un conjunto de requisitos, funcionales (los servicios que el sistema debe proveer, cómo debe reaccionar el sistema ante entradas (inputs), y cómo debe comportarse en situaciones particulares) y no funcionales (restricciones en los servicios o funciones ofrecidos por el sistema). Enseguida se realizó un diseño de pantalla que incluyera los requisitos especificados. Finalmente se verifica que los requisitos estén basados en la realidad y sean claros y consistentes, algunos de ellos no lo eran, por lo que se modificaron o bien se eliminaron debido a que no se podía cumplir con el requisito.

El análisis de requerimientos es una parte fundamental para el diseño y desarrollo de cualquier software, esta técnica analítica permite especificar los rasgos operacionales del software (función, datos y rendimientos), conectar la interfaz con otros elementos del sistema y establecer las restricciones que debe cumplir el software (Gómez, 2011). En esencia, es un proceso de descubrir, analizar, documentar, especificar y verificar los requisitos del software. En esta etapa del diseño se busca aclarar lo que desea el usuario y la forma en que se va a presentar la solución buscada. Es decir, permite dejar claro lo que el software debe hacer y bajo qué circunstancias debe hacerlo. Dichos componentes se presentan y describen a continuación en la tabla 3.

Tabla 3.
Resumen del análisis de requerimientos

Requisito	Descripción	Elementos, datos o secciones
Registrar administrador	La cuenta de administrador debe ser creada por default. Es decir, el sistema debe de tener un primer usuario predeterminado al momento en que alguien desee administrar la prueba.	Usuario: admin Contraseña: 123456
Actualizar datos del administrador	Una vez registrado el administrador, aparecerán unos cuadros de texto, los cuales deben de ser llenados para actualizar la información de dicho usuario.	Nombre completo Fecha de nacimiento Correo electrónico Correo electrónico alternativo
Registrar usuarios (examinados, profesores, padres de familia, directivos y autoridades educativas)	Para darse de alta en el sistema es necesario hacer clic en el botón Crear cuenta; aparecerá un listado de roles y se podrá seleccionar la opción que corresponde a cada usuario. Enseguida aparecerán cuadros de texto que deben de ser llenados por el usuario correspondiente. Al momento de registrarse un usuario, el administrador de SALIDEA recibirá una notificación que dicho usuario desea darse de alta, por lo que el administrador cotejará en su base de datos si es factible que este usuario pueda darse de alta en el sistema. En caso de que se acepte la solicitud, el administrador dará clic en el botón Aceptar solicitud. Al hacerlo, se le enviará un correo al usuario indicándole que su solicitud ha sido aceptada.	Nombre completo Fecha de nacimiento Escuela Grado Correo electrónico Correo electrónico alternativo
Datos generales de la prueba	Antes de poder administrar una prueba en SALIDEA, es necesario que se registren los datos generales del instrumento. Para ello, el administrador dará clic en la opción Agregar prueba que se encuentra en el menú principal del administrador y enseguida aparecerán unos cuadros de texto que deben de ser llenados por el administrador. Al dar clic en Guardar, aparecerá una nueva pantalla de captura de información relacionada con el contenido cuyo dominio se evalúa en la prueba. En la parte inferior de la pantalla aparecerán dos botones: Aceptar y Vista previa. El primero guarda la información seleccionada, mientras que el segundo permite visualizar la información cargada para poder detectar algún error en la captura.	Nombre de la prueba Áreas de conocimiento a evaluar Escuelas a las que se administrará la prueba Grado escolar de los examinados Propósitos de la prueba ¿Qué pretende medir? ¿Cómo se seleccionaron los contenidos? Usos válidos de la prueba. Aviso de privacidad. Importancia de la prueba. Instrucciones de la prueba. Ejemplo de la prueba (item muestra).

Basada en Sarabia, Contreras, Rodríguez y Caso (2016)

Tabla 3. continuación
Resumen del análisis de requerimientos

Documentación de la prueba	Para poder mostrar evidencias de validez de la prueba, el administrador deberá agregar los documentos del desarrollo y validación del instrumento que fueron preparados por los autores de la prueba, mismos que estarán disponibles para todos los usuarios. Para cargar los documentos, dar clic en el botón Documentos de validación de la prueba. Aparecerán recuadros necesarios para subir dichos documentos. En la parte inferior de cada recuadro aparecerán los botones Buscar y Subir que permitirán localizar e incorporar a la base de datos dicha documentación. Al dar clic en este último control, se dará aviso al administrador, en caso de éxito ✓ o fracaso x. Debajo de este aviso habrá un botón para Aceptar, mismo que llevará al usuario a la pantalla principal de la prueba.	Materiales para capacitar a los comités del examen. Documento de justificación del contenido importante a evaluar. Reticula o tabla que articula el dominio del contenido a evaluar. Documento de justificación del contenido importante a evaluar Tabla de especificaciones del examen. Documento con las especificaciones de ítems. Ítems y versiones calibradas tras prueba empírica. Estudios de validación
Dar formato y subir prueba	Fase 1. Para dar formato a la prueba, de manera que se incorpore al sistema y se facilite su posterior presentación al usuario Alumno, es necesario descargar y cumplimentar el documento Excel Formato prueba que proporciona SALIDEA, el cual se encuentra en el menú principal de la prueba. Los ítems no tendrán un máximo o mínimo de palabras, debido a que estos ya están previamente probados y calibrados. Fase 2. Al concluir la captura de la prueba, se debe guardar el archivo y subirlo a SALIDEA. Esto se logra dando clic en el botón Subir archivo de examen. Fase 3. SALIDEA detectará aquellos archivos cuyo nombre incluye una extensión que identifica gráficos, como .jpeg, .img u otros. En la base de datos aparecerá un directorio específico en el que se subirán las imágenes de apoyo correspondientes a los ítems de la prueba.	Formato de la prueba en el que se consignan para cada ítem: las instrucciones específicas para responderlo, la información contextual para responderlo, la base del ítem, las opciones de respuesta, el texto, tabla o figura que en su caso acompaña a cada ítem, así como la clave de respuesta.
Configuración de la prueba	En esta sección es donde se integran las aplicaciones externas PARRERC y PAGI, los cuales fueron elaborados para analizar los resultados de la prueba y generar reportes dirigidos a diversos tipos de usuarios. Además, con ellos se pueden obtener evidencias sobre la calidad técnica de la prueba mediante el cálculo de la dificultad, discriminación y funcionamiento de distractores de los ítems, así como la confiabilidad y correlación de los ítems con el total de la prueba. Según del tipo de usuario con el que se inició la sesión, será el formato y contenido del reporte. Reportes para examinados, docentes, directivos y padres de familia.	Reportes de resultados, según usuario

Tabla 3 Continuación 1
Resumen del análisis de requerimientos

Responder prueba	Para que los examinados respondan la prueba, es necesario que inicien sesión y vayan al menú principal y dar clic en el botón Prueba. Aparecerá una pantalla nueva en donde se podrán ver los datos generales de la prueba; además, se verá el botón de Iniciar prueba y al dar clic en él aparecerán las instrucciones generales y el primer ítem. Una vez que el examinado responda el primer ítem aparecerá un icono en forma de flecha en la esquina inferior derecha, al dar clic en él se pasará al siguiente ítem; asimismo aparecerá otro icono con una flecha en la esquina inferior izquierda, al dar clic en él se regresará al ítem anterior. La prueba tendrá otros elementos informativos que aparecen a la derecha de esta celda.	Zoom Marcar para revisión Datos de los ítems Ítems terminados Ítems faltantes Ítems marcados para re- visión Tiempo restante de la prueba
	Nota: Si llegará ocurrir algún problema con la conexión a internet o el alumno decidiera cerrar sesión sin haber terminado el examen, no se podrán guardar las respuestas que se hayan seleccionado.	
Seguridad	En principio, el administrador de SALIDEA evita que alguna persona ajena pueda ver la prueba o los resultados, debido a que no cualquier persona puede darse de alta en SALIDEA sin previa aprobación del administrador.	Acceso protegido

Basada en Sarabia, Contreras, Rodríguez y Caso (2016).

3. RESULTADOS

El diseño de SALIDEA produjo tres tipos de resultados: a) los correspondientes a los elementos, sistemas de datos o secciones de información que integran la interfaz el sistema y que derivaron de la especificación de los 24 requerimientos que fueron descritos en la tabla 1 de la sección anterior; b) la estructura general de SALIDEA que muestra todos sus componentes gráficos y funcionales y las relaciones entre ellos; y c) las retículas que se diseñaron para los distintos usuarios del sistema, que contienen las formas, controles y elementos de navegación que son propios para cada uno de ellos (es decir, Interfaz con el administrador, Interfaz con el examinado, Interfaz con los padres de familia, Interfaz con los profesores, Interfaz con los directores, Interfaz con autoridades educativas).

Dado que en el presente trabajo no es posible presentar todos esos resultados, con propósitos ilustrativos en esta sección solo se muestran, en las figuras 2 y 3, tres formas que corresponden a los requerimientos 12 y 20; en la figura 4, la estructura general de SALIDEA; y en la figura 6, se presenta solo una sección de la retícula que corresponde a la interfaz con los profesores.

SALIDEA
Sistema para administrar exámenes y herramientas de evaluación del aprendizaje

Menú lateral:

- Página de inicio
- Editar examen
- Manual técnico

Contenido principal:

Materiales para capacitar el comité desarrollador del examen

Buscar	Subir	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
--------	-------	-------------------------------------	-------------------------------------

Documento de justificación del contenido importante a evaluar

Buscar	Subir	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
--------	-------	-------------------------------------	-------------------------------------

Reticula

Buscar	Subir	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
--------	-------	-------------------------------------	-------------------------------------

Documento de justificación del contenido importante a evaluar

Buscar	Subir	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
--------	-------	-------------------------------------	-------------------------------------

Tabla de especificaciones del examen

Buscar	Subir	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
--------	-------	-------------------------------------	-------------------------------------

Documento con especificaciones de ítems

Buscar	Subir	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
--------	-------	-------------------------------------	-------------------------------------

Ítems y modelos calibrados tras prueba empírica

Buscar	Subir	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
--------	-------	-------------------------------------	-------------------------------------

Aceptar

Figura 2.
Documentos con evidencias de validez de la prueba

Las figuras 2 y 3, muestran que se tomaron en cuenta estándares propuestos por el Joint Committee on Testing Practices y lineamientos del diseño universal de las evaluaciones. Por ejemplo, mostrar evidencias de validez de la prueba, acceso protegido, herramientas para hacer zoom o uso de fuente APFont para débiles visuales. Estos y otros componentes facilitan el uso del sistema a un mayor número de examinados, incluso aquellos con limitaciones físicas.

Enseguida se presenta la estructura general de SALIDEA, con los componentes y elementos que fueron diseñados, así como las relaciones entre ellos que exponen las funcionalidades del sistema que se derivaron del análisis de requerimientos cuyos resultados se mostraron en el punto anterior.

La figura 3 ilustra de manera general de qué manera el diseño de SALIDEA cumplió los requerimientos del sistema que se describieron; desde registrar los usuarios hasta realizar los correspondientes reportes de resultados. También muestra la forma en que se integraron al sistema los programas analíticos PAGI (De Los Santos, 2010) y PARRERC (Castañeda, 2013). Se observa cómo tras concluir un estudiante la prueba, se creará una sección en la base de datos que segmentará la información en: datos generales sobre los estudiantes que respondieron la prueba y datos sobre su ejecución en ella (las respuestas de los examinados), los cuales a su vez se dividirán en: datos para análisis psicométricos; datos para analizar la ejecución por dominio y subdominio evaluados; y datos para analizar variables de contexto y su relación con la ejecución.

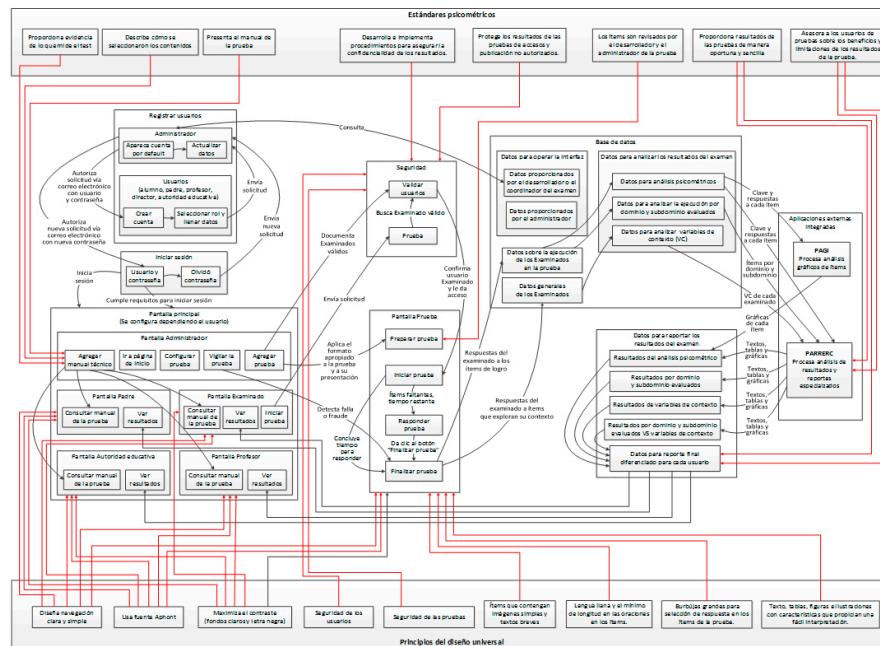


Figura 3.
Estructura general de SALIDEA

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Sin duda, en México existe una falta de infraestructura computacional en las instituciones educativas del país (SEP, 2016) lo cual constituye una limitante general para que pueda utilizarse un sistema como SALIDEA, para administrar en línea pruebas de gran escala que permitan evaluar el logro educativo. Por otra parte, aunque una escuela o grupo de escuelas lograra instalar los componentes necesarios para operar el sistema de evaluación, aun así se tendrían dificultades relacionadas con la falta de una cultura evaluativa o computacional por parte de los examinados y sus escuelas, lo que conlleva riesgos para la integridad y validez del instrumento, como serían la falta de familiaridad con equipos de cómputo o la existencia de muchas prácticas inconvenientes.

Aunque SALIDEA puede aportar muy poco para resolver ese tipo de dificultades, se considera que su diseño constituye una primera aproximación relevante que puede contribuir al desarrollo de sistemas de cómputo que hagan posible administrar en línea pruebas de gran escala. En particular, hay varias características de su diseño que hacen que el sistema sea riguroso, eficaz, eficiente, ecológico e incluyente.

De acuerdo con Chapman (2001) se considera que el diseño de SALIDEA atendió con seriedad y rigor dichas recomendaciones, en particular aquellas relativas a la interfaz gráfica del sistema en general, así como la interfaz de cada uno de los usuarios. Ejemplos de ello, fueron los componentes diseñados para exhibir las evidencias de validez de la prueba que deben aportar quienes la elaboraron, propuestas por el International Test Commission (2014); para facilitar y ampliar el acceso a la prueba de personas con dificultades visuales, de movilidad u otras; o bien

para analizar y reportar de manera inmediata, simple y significativa los resultados generales y específicos de la prueba, para los diferentes usuarios de la información.

La administración de pruebas en línea mediante un sistema como SALIDEA, hace posible ahorrar costos diversos como los de impresión de cuadernillos y compra de hojas de respuestas, servicio de lector óptico de hojas de respuestas; o bien personal capacitado para la aplicación, captura, calificación, análisis y reporte de resultados, entre otros; lo que a su vez implica reducir errores y agilizar procesos como la realimentación inmediata a estudiantes, padres, maestros y administradores escolares, a fin de que ellos puedan actuar de manera oportuna para la toma de decisiones.

Los exámenes que se administran en línea requieren componentes y controles que propicien la seguridad para el propio sistema de evaluación, para el examen que administra, y para los usuarios. SALIDEA consideró componentes para proteger la integridad de los materiales de la prueba, aleatorizar la presentación de los ítems de la prueba y aleatorizar la ubicación de respuesta correcta en cada ítem, así como la adopción del formato de presentación de un ítem a la vez, de manera que resulte muy difícil que dos alumnos que estén juntos tengan en pantalla la misma prueba Joint Committee on Testing Practices (2014). Además, se diseñaron componentes para darse de alta en el sistema de manera válida; para el ingreso protegido al sistema mediante una clave de acceso única; para preservar la confidencialidad de los examinados y la validez de sus resultados en la prueba, y para controlar el tiempo efectivo de examen desde que el estudiante hace clic para su ingreso.

Referencias

- Castañeda, C. E., (2013). Desarrollo de un software para el análisis de datos y la emisión de informes de resultados de exámenes de referencia criterial alineados con el currículum. (Tesis de Maestría inédita). Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada. Recuperado de: <http://iide.ens.uabc.mx/images/pdf/tesis/MCE/Tesis%20MCE%20Cristian%20Ernesto%20Casta%C3%B1eda%20S%C3%A1nchez.pdf>
- Chapman, Stephen J. (2001). MATLAB Programming for Engineers, Brooks Cole.
- De Los Santos, G. (2010). Desarrollo, operación y evaluación de un módulo para capacitar a docentes en servicio para que mejoren sus exámenes de opción múltiple mediante el análisis gráfico de ítems. (Tesis para optar por el grado de Maestro en Ciencias Educativas). México. Baja California. UABC. Recuperado de <http://iide.ens.uabc.mx/images/pdf/tesis/MCE/Tesis%20MCE%20Guadalupe%20de%20los%20Santos%20Lazaro.pdf>
- Gómez, F., M. (2011). Análisis de Requisitos de Software. Universidad Autónoma Metropolitana.