

Abordando el Análisis de Usabilidad de Tanziflex, una Herramienta Web para Investigación Operativa

Mariana Falco¹, Ignacio Núñez², Federico Tanzi², Lourdes Perea Muñoz³

mfalco@austral.edu.ar, ignacionunez@sirius.com.ar, federicotanzi@sirius.com.ar, lperea@austral.edu.ar

¹ LIDTUA/CONICET, Facultad de Ingeniería, Universidad Austral, Mariano Acosta 1611, Pilar, Buenos Aires, Argentina.

² Sirius Software, Mariano Acosta 1611, Pilar, Buenos Aires, Argentina.

³ LIDTUA, Facultad de Ingeniería, Universidad Austral, Mariano Acosta 1611, Pilar, Buenos Aires, Argentina.

DOI: 10.17013/risti.30.91-106

Resumen: Los avances en las TICs han promovido la utilización de herramientas software como un medio de soporte y complemento en el aula. En Investigación Operativa, a medida que los ejercicios de Programación Lineal aumentan su cantidad de variables y se acercan así a situaciones de la vida real, la resolución manual se torna compleja, incrementa el tiempo de resolución y dificulta el aprendizaje en sí. Por ello, el presente trabajo introduce por un lado, una herramienta web multiplataforma intuitiva que permite llevar a cabo la resolución de problemas de programación lineal, y que puede ser utilizada por alumnos independientemente de la carrera en que se dicte dicha materia; y por el otro realiza un estudio de usabilidad de la herramienta en pos de identificar ítems positivos y puntos de mejora. Finalmente, se presentan las conclusiones y el trabajo futuro.

Palabras-clave: TICs; Investigación Operativa; Software; Usabilidad; Usabilidad Pedagógica.

Addressing the Usability Analysis of Tanziflex, a Web Tool for Operational Research

Abstract: Advances in ICTs have promoted the use of software tools as a means of support and complement in the classroom. In Operational Research, as Linear Programming exercises increase their number of variables and thus approaching to real-life situations, manual resolution becomes complex, increasing the resolution time and hinders the learning itself. Therefore, the present work introduces on the one hand, an intuitive multiplatform web tool called Tanziflex that allows solving problems of linear programming, and that can be used by students regardless of the career in which the subject is taught; and on the other hand, it carries out a usability study of the tool in order to identify positive items and points of improvement. Finally, the conclusions and future work are presented.

Keywords: ICT; Operational Research; Software; Usability; Pedagogical Usability.

1. Introducción

Las últimas décadas se han caracterizado por una evolución progresiva y acelerada de las tecnologías, que han revolucionado las formas en que las personas buscan y utilizan los contenidos; posibilitando el desarrollo de la sociedad de la información, como materia prima de diversos cambios culturales. La información (White, 2009; Kadiri & Adetoro, 2012) siempre ha sido vital para la adquisición de conocimiento y la información educativa, especialmente, porque es imprescindible para el logro de una educación de calidad (Sarriluoma, 2006; Oyediran-Tidings, Ondari-Okemwa, Nekhwevha, 2017). Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (comúnmente abreviadas como TICs) fueron y siguen siendo ventanas de oportunidad (Falco, 2017). La introducción de las tecnologías en los procesos de aprendizaje ha permitido la formación de un nuevo espacio educativo, donde las tecnologías posibilitan la construcción de marcos de aprendizaje (Duart, 2003). Actualmente, se encuentran en un gran número de dominios y en lo que respecta a la dimensión pedagógica, la integración en la práctica educativa ha abierto una puerta en pos de la innovación en lo que se refiere a la revisión y transformación de la misma; debido a que ha propiciado la emergencia de una diversidad de escenarios formativos (Turpo Gebera, 2012).

En este contexto, la Educación Superior ha sentido el impacto de las tecnologías y los escenarios formativos diferentes, incorporando no solo la utilización de herramientas de software en clases presenciales sino también en diversos ambientes virtuales de aprendizaje (Luís, Rocha, & Marcelino, 2018), dando lugar a la implementación de diversos modelos emergentes como *blended learning* y otros (Contreras, Masa, Andrade & Espada, 2017); que poseen numerosas implicaciones en lo que se refiere a la práctica del proceso de enseñanza-aprendizaje (Falco 2017). Ahora bien y en particular, la Investigación Operativa requiere de herramientas software para resolver problemas de Programación Lineal (abreviado de ahora en más como PL) cuando la cantidad de variables aumenta; cuyo método regular de resolución es mediante el algoritmo del simplex. Si bien existen numerosas herramientas software en la actualidad como Lindo y Solver, algunas de ellas son privativas, muy caras o las tecnologías que las sustentan han quedado obsoletas y si bien algunas fueron creadas puramente con objetivos educativos, el diseño orientado al usuario y la actualización de las tecnologías subyacentes son claves en una época donde son los alumnos del nuevo milenio los que se adentran diariamente en las carreras universitarias. En este contexto, el objetivo primero del presente artículo es introducir a Tanziflex (Falco, Nuñez, Perea, Carlevari, & Tanzi, 2018), una herramienta web multiplataforma que permite la resolución de problemas de PL y ejercicios genéricos que pueden ser resueltos mediante el simplex. El objetivo segundo es vislumbrar la definición y los resultados del análisis de usabilidad aplicado a dos grupos de usuarios (docentes y alumnos) en pos de determinar la percepción de los mismos con respecto a Tanziflex en las dimensiones de navegación, diseño y contenidos; mapeando la usabilidad base con el aspecto pedagógico. Por lo cual, en la sección 2, se define la usabilidad y la usabilidad pedagógica. La sección 3 contextualiza las tecnologías, su aplicación a Investigación Operativa y Tanziflex. La sección 4 define y caracteriza el caso de estudio, mientras que la sección 5 describe los resultados obtenidos. Finalmente, la sección 6 presenta las conclusiones y el trabajo futuro.

2. Definiendo la Usabilidad

Al hablar de páginas web, productos software y aplicaciones móviles se realiza una asociación casi instantánea con el término usabilidad. La norma ISO 9241-11:2018 contextualiza que el objetivo de diseñar y evaluar sistemas, productos y servicios para la usabilidad es permitirle a los usuarios alcanzar sus objetivos de manera efectiva, eficiente y con satisfacción, teniendo en cuenta el contexto de uso. De la misma manera, destaca que la usabilidad es un concepto más comprensivo de lo que usualmente se entiende como “facilidad de uso” (de los términos en inglés, *ease-of-use y user friendliness*), por lo cual puntualiza que es relevante para: (a) el uso permanente regular, para permitir a los usuarios alcanzar sus objetivos de manera efectiva, eficiente y con satisfacción; (b) el aprendizaje; (c) el uso infrecuente; (d) el uso por personas con la más amplia gama de capacidades; (e) minimizar el riesgo y las consecuencias indeseables de los errores de uso; y (f) el mantenimiento, ya que permite completar tareas de mantenimiento de manera efectiva, eficiente y satisfactoria.

Luego, la ISO 25010 especifica que la calidad de un sistema es el grado en que el sistema satisface las necesidades declaradas e implícitas de sus diferentes partes interesadas, y por lo tanto proporciona valor. En este contexto, y dentro del modelo de calidad, define la usabilidad como el grado en el cual un producto o sistema puede ser utilizado por usuarios específicos para alcanzar objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso específico. Se compone de las siguientes subcaracterísticas: (a) Reconocimiento de la adecuación (del inglés, *appropriateness recognizability*): es el grado en el cual los usuarios pueden reconocer si un producto o sistema es apropiado para sus necesidades; (b) Capacidad de aprendizaje (del inglés, *learnability*): es el grado en que un producto o sistema puede ser utilizado por usuarios específicos para lograr objetivos específicos de aprender a utilizar el producto o sistema con efectividad, eficiencia, ausencia de riesgo y satisfacción en un contexto de uso específico; (c) Operabilidad (del inglés, *operability*): es el grado en el cual un producto o sistema posee atributos que hacen que sea fácil de operar y controlar; (d) Protección contra errores de usuario (del inglés, *user error protection*): es el grado en que un sistema protege a los usuarios contra errores; (e) Estética de la interfaz de usuario (del inglés, *user interface aesthetics*): es el grado en el cual una interfaz de usuario permite una interacción agradable y satisfactoria para el usuario; (f) Accesibilidad (del inglés, *accessibility*): es el grado al cual un producto o sistema puede ser utilizado por personas con la más amplia gama de características y capacidades para alcanzar un objetivo específico en un contexto de uso específico.

2.1. Métodos de estudio de usabilidad.

En pos de garantizar que cualquier desarrollo de software posea las características anteriores, es posible emplear diversos métodos que pueden ser divididos en métodos de inspección (sin usuarios finales) y métodos de prueba (con usuarios finales). J. Nielsen (1994) describe los siguientes métodos de inspección:

- *Evaluación heurística*: implica que los especialistas en usabilidad juzguen si cada elemento de diálogo sigue los principios establecidos conocidos como heurísticas.

- *Recorridos cognitivos*: usan un procedimiento más explícitamente detallado para simular el proceso de resolución de problemas de un usuario en cada paso a través del diálogo, verificando si los objetivos del usuario simulado y el contenido de la memoria conducen a la siguiente acción correcta.
- *Inspecciones formales de usabilidad*: utilizan un procedimiento de seis pasos con funciones estrictamente definidas para combinar la evaluación heurística y una forma simplificada de recorridos cognitivos.
- *Recorridos pluralistas*: son reuniones donde los usuarios, los desarrolladores y los factores humanos pasan por un escenario, discutiendo cada elemento del diálogo.
- *Inspección de características (features)*: enumera la secuencia de funciones utilizadas para realizar tareas típicas, comprueba secuencias largas, pasos engorrosos, pasos que no serían naturales para los usuarios probar y pasos que requieren un amplio conocimiento / experiencia para evaluar un conjunto de características propuesto.
- *Inspección de consistencia*: tiene diseñadores que representan múltiples proyectos inspeccionan una interfaz para ver si hace las cosas de la misma manera que sus propios diseños.
- *Inspección de normas*: tiene un experto en algunos estándares de interfaz para inspeccionar la interfaz para verificar el cumplimiento.

Con respecto a los métodos de testeo de usabilidad, es viable mencionar que el testing con usuarios finales es fundamental debido a que provee información directa sobre cómo las personas utilizan los sistemas y cuáles son los problemas con una interfaz en específico. Si bien existen un gran número de métodos, los más comunes son los siguientes. *Pensando en voz alta (Thinking aloud - THA)* implica que un usuario final piense continuamente en voz alta mientras usa el sistema, por lo que al verbalizar sus pensamientos, permiten a los evaluadores comprender cómo ven el sistema, lo que facilita la identificación de los principales conceptos erróneos de los usuarios finales. En THA, el tiempo es muy importante (Nielsen, 1994). La *Observación de campo* es el método más simple, e incluye tomar notas sin perturbar el ambiente, sobre su interacción con un software. Luego, los *Cuestionarios* son útiles para estudiar cómo los usuarios finales utilizan el software y sus *features* preferidos. Es indirecto, porque solo recolecta opiniones de los usuarios sobre la interfaz. Teniendo como base lo anterior, es posible comprender que la inspección de usabilidad debe combinarse con los métodos de prueba de usabilidad. Por ejemplo, un recorrido cognitivo puede completarse con un método independiente de la tarea, como la evaluación heurística. Las pruebas indirectas de usabilidad, como cuestionarios o entrevistas, deben complementarse con pruebas de usabilidad directas; pensar en voz alta o la observación sería adecuada (Holzinger 2005). Claro está que una necesidad absoluta es involucrar los usuarios en el diseño desde el principio; y probar e iterar, con o sin usuarios. De esta manera, en la sección siguiente se aborda la usabilidad en el contexto educativo.

2.2. Usabilidad Educativa.

De acuerdo al medio tecnológico que se incorpore a la práctica educativa es posible determinar su adecuada utilización y accesibilidad a través de la experiencia de uso. La usabilidad en los entornos educativos se mapea en la usabilidad pedagógica basada en

tres aspectos: a) la interfaz del usuario, b) el diseño de actividades de aprendizaje y c) la verificación del alcance de los objetivos de aprendizaje (Kukulska-Hulme & Shield, 2004). Silius y Tervakari (2003) consideran la usabilidad pedagógica para denotar si las herramientas, el contenido, la interfaz y las tareas de los entornos de aprendizaje basados en la web ayudan a varios alumnos a aprender en diversos contextos de aprendizaje de acuerdo con los objetivos pedagógicos seleccionados. Incluso, plantean que se divide en tres categorías: a) soporte a la organización de la enseñanza y estudio, b) apoyo al proceso de aprendizaje y el logro de los objetivos de aprendizaje, c) soporte al desarrollo de habilidades de aprendizaje. Velázquez y Sosa (2009) definen la usabilidad del software educativo como un elemento condicionante que posee pautas de comportamiento del usuario, que pueden transferirse a otras situaciones de la cotidianidad. Reyes Vera y otros (2016) mencionan que para evaluar la usabilidad pedagógica (Shield & Kukulska-Hulme, 2006; Maris, De Giusti, & Pesado, 2012) de un software es necesario verificar en qué medida la herramienta hace posible la realización efectiva y eficiente de las tareas, y cuál es el nivel de satisfacción que se observa en el docente y los alumnos, antes y después de utilizar la herramienta. Consecuentemente, en el proceso de enseñanza-aprendizaje, la usabilidad es un factor clave y esencial que no se limita a la estética de la interfaz, sino que involucra además la interacción con los usuarios (Turpo-Gebera, 2018).

Es posible considerar los criterios pedagógicos de usabilidad como referentes bajo los cuales el profesor puede ejercer el sentido crítico a través de su opinión, al valorar su utilización dentro del contexto, posibilitando el desarrollo de competencias al interrelacionarse con los recursos tecnológicos. Nokelainen (2006) realizó un estudio de diversos trabajos que han abordado la usabilidad de los recursos educativos, y logró identificar cinco criterios comunes que atribuye a aspectos técnicos de los recursos educativos: a) el control de aprendizaje (en inglés, *learner control*), b) la posibilidad para actividades de aprendizaje cooperativos o colaborativas, c) metas explícitas de aprendizaje, d) autenticidad del material de aprendizaje y, e) el soporte al aprendizaje. En este contexto, la importancia de considerar la usabilidad en el diseño, desarrollo y evaluación de un software educativo es clave para el logro de su eficiencia y efectividad, porque asegura la rapidez en el aprendizaje y muestra los beneficios en la mejora de la calidad del producto final. En este contexto, la siguiente subsección abordará las tecnologías aplicadas al ámbito educativo y en particular, la Investigación Operativa.

3. TICs e Investigación Operativa.

En la Educación Superior se ha visto el impacto de las tecnologías, donde existe una necesidad de formación continua, a medida y adecuada al estudiante, con una mayor exigencia en la calidad y la flexibilidad, con herramientas software para trabajo en el aula o fuera de ella, entre otros. En este contexto, son diferentes las respuestas que se han dado para satisfacer dichas necesidades, desde nuevos desarrollos de software educativo (Marqués, 1995) hasta nuevos modelos de aprendizaje como *m-learning* (Falco, 2016), *blended learning* (Garrison & Kanuka, 2004), *flipped classroom* (Bergmann & Sams, 2012), entre otros. La Investigación Operativa (IO) es una rama de la Matemática que consiste en la generación y aplicación de diversos

métodos científicos y matemáticos para el estudio y análisis de problemas complejos y reales, con el fin de mejorar y optimizar su funcionamiento, como el transporte, la evaluación de inversiones, la programación de turnos de trabajo, entre otros (Bermúdez Colina, 2011). Si bien existen diversas técnicas dentro de IO, la más importante es la Programación Lineal que posee la particularidad de que la relación entre las variables es de tipo lineal (Miranda, 2003), y se ocupa de la optimización y el control de los sistemas, modelando problemas mediante variables, parámetros y relaciones funcionales (Falco, Nuñez, Perea, Carlevari, & Tanzi, 2018). Los problemas de PL pueden ser resueltos manualmente siempre y cuando la cantidad de variables sea relativamente pequeña. A medida que aumenta el número de variables, la resolución toma más tiempo como así también el entendimiento de la problemática a resolver. Los progresos tecnológicos mencionados han permitido el desarrollo de diversas herramientas software que posibilitan el abordaje de contenidos dentro de las diferentes materias y carreras, en pos de un involucramiento activo de los alumnos en el proceso de aprendizaje (Falco, 17). En este contexto, dentro de Investigación Operativa se puede hacer uso de las siguientes herramientas software que permiten resolver problemas de PL: LINDO (Schrage, 1984), Microsoft Solver Excel (Fylstra et al, 1998), SSC (Software per il Calcolo del Simplex)¹, Invop², Tora³, y a pesar de que no todas están desarrolladas con fines educativos, brindan apoyo al alumno. El paso del tiempo conlleva a que se requiera una actualización casi constante de las herramientas con respecto a las tecnologías actuales, y además el requerimiento de los estudiantes de herramientas que estén realmente orientadas al mismo (Falco, Nuñez, Perea, Carlevari, & Tanzi, 2018). En la siguiente subsección se describirá Tanziflex, una herramienta desarrollada para resolver problemas de PL.

3.1. Tanziflex.

Tanziflex es una herramienta web intuitiva que brinda soporte en la resolución de problemas de PL, y cuya ventaja fundamental es que es útil de aplicar independientemente de la carrera en que se dicte dicha materia. Permite resolver por un lado, problemas de PL con variables continuas, enteras y binarias (programación entera, binaria y programación mixta) en general, pero además presenta de manera específica dos tipos de aplicaciones de la PL facilitando el uso de la herramienta a quienes podrían tener más dificultad en el modelado matemático, estas son: problemas de asignación, y problemas de transporte. La Fig. 1 presenta una sección de la página de landing de Tanziflex. Al acceder a dicha página, el usuario podrá elegir el tipo de ejercicio a realizar. Los pasos siguientes incluyen seleccionar el objetivo del problema (minimización o maximización), determinar la cantidad de filas y columnas que tendrá la matriz (por ejemplo si es un problema de transporte, se elegirán tantas filas y columnas como orígenes y destinos se necesiten), realizar la carga de la matriz con la cantidad de filas y columnas determinadas, y finalmente, presionar el botón resolver. El software devolverá luego los resultados del ejercicio ingresado.

¹ Software per il calcolo del simplex <http://www.ssclab.org/>, último acceso: 07/09/2018

² InvOp <http://operativa.tripod.com/invop/Invop.html>, último acceso 11/09/2018

³ Tora http://iounipaz.hol.es/?page_id=130, último acceso 14/09/2018



Figura 1 – Página de Landing de Tanziflex

La herramienta (ver Fig. 1) fue desarrollada por alumnos de la carrera de Ingeniería en Informática de la Universidad Austral (Argentina) en el contexto de la materia Investigación Operativa. Esa experiencia fue sumamente enriquecedora para los alumnos involucrados, debido a que han podido incorporar e incluso dominar el algoritmo del simplex (método usual de resolución de problemas de PL), integrándolo también con su formación específica de la carrera a través del desarrollo del software. En lo que respecta a la arquitectura, el sistema cuenta con una API REST, que posibilita la separación de la interfaz de usuario del servidor y el almacenamiento de datos. Esta arquitectura incluye la aplicación web propiamente dicha, que consiste en una interfaz de usuario para la preparación del modelo y luego la visualización de los resultados. El lenguaje de desarrollo elegido fue Scala que es un lenguaje de programación multi-paradigma, que combina características de los lenguajes funcionales y de los lenguajes orientados a objetos, permitiendo a futuro una actualización y mantenimiento constante de la herramienta.

4. Caso de Estudio.

El objetivo del presente caso de estudio consiste en la determinación de las valoraciones efectuadas por alumnos y docentes, sobre la usabilidad de Tanziflex. La población comprendida consistió en 32 alumnos y 19 docentes del ámbito universitario, en pos de comprender los puntos de vista, necesidades y observaciones de ambos actores en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Para la valoración de la usabilidad se consideraron tres dimensiones de usabilidad pedagógica, a saber: navegación, diseño y contenidos; con el fin de considerar la usabilidad pedagógica antes descripta. El procedimiento consistió inicialmente en programar la realización de dos ejercicios de PL (un ejercicio de transporte, el otro de asignación) en una comisión de estudiantes de Ingeniería, con docentes y ayudantes diplomados del área de Investigación Operativa; en pos de que los estudiantes puedan interactuar con la herramienta al realizar la carga y resolución de los dos ejercicios. Luego de la realización de los ejercicios, los participantes debieron completar un cuestionario configurado en *Google Forms*, para evitar el uso de papel y que las respuestas fueran en el momento y espontáneas. Dicho cuestionario incluía los ítems pertenecientes a las Tablas 1, 2 y 3, donde las preguntas presentaban tres respuestas posibles: a) 1: adecuado; b) 0: parcialmente adecuado; c) -1: no presenta/no sabe/no aplica. Dichas Tablas contienen las descripciones asociadas a los ítems para cada dimensión, que en pos de una aplicación acorde a la herramienta desarrollada se

realizó una adaptación de (Turpo Gebera, 2012), y de las diez heurísticas de (Nielsen, 1994); para así lograr un análisis completo y obtener resultados claros.

Ítem	Descripción	Respuestas posibles
N.1)	La página de landing presenta una guía visual de los contenidos del sitio, de modo, que resulta fácil su desplazamiento entre los vínculos y luego su retorno.	{1.0.-1}
N.2)	Los vínculos están plenamente diferenciados, son visibles y de fácil acceso. Al hacer click sobre un vínculo no se abre otro sino el seleccionado.	{1.0.-1}
N.3)	Los vínculos (embebidos en botones o íconos) ayudan a reconocer los vínculos de manera inmediata (ejemplo: ejercicios, entre otros)	{1.0.-1}
N.4)	La organización de la página facilita la navegación por ella y es fácilmente reconocible.	{1.0.-1}
N.5)	Los vínculos presentan palabras claves dentro del contenido que facilitan las opciones de información adicional y selección de acuerdo a sus necesidades	{1.0.-1}
N.6)	El sitio web facilita entender los mensajes con lenguaje sencillo y claro, evitando retraso en la realización de nuevas acciones.	{1.0.-1}
N.7)	Se conoce el estado del sistema en cada momento (ejemplo: al resolver un ejercicio).	{1.0.-1}
N.8)	La página utiliza un lenguaje apropiado para los usuarios, y organiza la información con un orden natural y lógico.	{1.0.-1}
N.9)	La página es consistente, manteniendo el mismo flujo de navegación.	{1.0.-1}

Tabla 1 – Dimensión: Navegación

Ítem	Descripción	Respuestas posibles
D.1)	Los mensajes tiene un aspecto apropiado para su visualización, es decir, es legible en los detalles identificativos.	{1.0.-1}
D.2)	El diseño es comprensible y adecuado a todas las personas.	{1.0.-1}
D.3)	La página permite la flexibilidad.	{1.0.-1}
D.4)	Es fácil de entender, sin mayor complejidad e independiente de la experiencia, conocimientos, habilidades o el nivel de concentración del usuario.	{1.0.-1}
D.5)	Se minimizan los errores.	{1.0.-1}
D.6)	Su uso genera poco esfuerzo físico (vista, oído), un uso eficaz y con el mínimo esfuerzo posible; evitando las acciones repetitivas.	{1.0.-1}
D.7)	Presenta una descripción del objetivo de la herramienta	{1.0.-1}
D.8)	Ofrece funciones de rehacer y deshacer	{1.0.-1}
D.9)	Se muestra solo la información necesaria y relevante.	{1.0.-1}
D.10)	Ayuda a los usuarios a reconocer y corregir sus errores, indica siempre el problema concreto que está ocurriendo y sugiere soluciones constructivas.	{1.0.-1}
D.11)	La información de ayuda debe ser breve, concisa, fácil de buscar y enfocada a las tareas del usuario.	{1.0.-1}

Tabla 2 – Dimensión: Diseño

Ítem	Descripción	Respuestas posibles
C.1)	La página señala la fecha de la última actualización o versión.	{1.0.-1}
C.2)	Los contenidos están ajustados al nivel pedagógico, de modo que pueda ser fácilmente identificado, comprendido y de utilidad, independientemente del conocimiento previo sobre programación lineal que tenga el usuario.	{1.0.-1}
C.3)	Se declara de manera implícita o explícita el colectivo hacia el cual están enfocados los contenidos, mediante el diseño de la interfaz utilizada.	{1.0.-1}
C.4)	El sitio web minimiza el uso de distractores, para evitar que se pierda en la navegación o que su desempeño no sea óptimo en el sitio.	{1.0.-1}
C.5)	Los objetivos de aprendizaje se presentan de manera sencilla y clara, en cada tipo de ejercicio, explícitamente; facilitando la realización de la tarea.	{1.0.-1}
C.6)	La secuencia progresiva del aprendizaje, responde a unas actuaciones controladas por el usuario, de acuerdo a sus necesidades e intereses.	{1.0.-1}
C.7)	Se presenta una declaración previa sobre los conocimientos que el usuario debe dominar para tratar el tema actual y/o se presenta enlaces de refuerzo.	{1.0.-1}
C.8)	El sitio presenta adecuadamente los diferentes niveles de aprendizaje (hechos, conceptos, principios, habilidades, valores) a lograr.	{1.0.-1}
C.9)	Se proveen de ejercicios, tareas y evaluaciones complementarias para facilitar el aprendizaje de contenidos (resúmenes, autoevaluaciones, etc.)	{1.0.-1}
C.10)	Las instrucciones están a la vista.	{1.0.-1}
C.11)	Se incluye enlaces a la página del autor, para facilitar la búsqueda de otros artículos del autor y otras fuentes de información pertinentes.	{1.0.-1}
C.12)	Están indicadas las referencias académicas del autor en el sitio Web, resaltando su experiencia y/o background.	{1.0.-1}

Tabla 3 – Dimensión: Contenido

Para cada ítem presentado en las Tablas 1, 2 y 3, el valor máximo posible es el número de participantes de cada grupo. Entonces, para el grupo de docentes será 19, y para el grupo de alumnos será 32. En la Tabla 4 se definen los resultados parciales para cada dimensión y para encuesta unitaria, donde el total en una única encuesta es 32 (originado en sumar los resultados parciales de cada dimensión), 608 para los 19 docentes, y 1024 para los 32 alumnos. También, contiene los valores de usabilidad correspondientes al grupo diferenciados en cada dimensión y en cada valor de las respuestas posibles; entonces por ejemplo para la dimensión navegación, 171 es el mayor valor que puede alcanzar la usabilidad en la respuesta ‘adecuada’ (originada en la multiplicación de 9 (resultado parcial) por 19 (docentes)); y así sucesivamente.

Dimensión	Respuestas posibles	Resultados parciales (todo correcto)	Valor de usabilidad total	Valor de usabilidad para los tres grupos
Navegación	{1.0.-1}	9/9	32 (E.U.), 608 (D), 1024 (A)	[171, 270]
Diseño	{1.0.-1}	11/11		[209, 330]
Contenido	{1.0.-1}	12/12		[228, 360]

Tabla 4 – Definición de valores

4.1. Análisis de los resultados.

El procesamiento de los datos reveló las diferentes percepciones de los grupos. Teniendo como base los valores expresados en la Tabla 4, es viable comenzar describiendo que el 70,7% del grupo de los 19 docentes ha optado por la respuesta ‘adecuado’ para la dimensión navegación, 41.6% para la dimensión diseño y 39.03% para la dimensión contenidos. Vale destacar que la dimensión ‘parcialmente adecuado’ tuvo valores más altos en la dimensión diseño con el 48.32%. En el caso de los alumnos, el 62,60% seleccionó la respuesta ‘adecuado’. Por lo cual la variación con los docentes es relativamente mínima. Estas tendencias pueden ser observadas en la Fig. 2, donde la línea de trazo azul corresponde a la respuesta ‘adecuado’, la roja a ‘parcialmente adecuado’ y naranja a ‘no sabe/no aplica’; y serán detalladas a continuación para cada dimensión. Vale destacar que la dimensión contenidos solo fue respondida por los docentes.



Figura 2 – Tendencias de respuestas totales de docentes y alumnos.

Matemáticamente, la mayor usabilidad unitaria para la dimensión ‘navegación’ es 9, para los 19 docentes es 171 por lo tanto: 28.12 es el porcentaje máximo que se puede alcanzar en dicha dimensión, 47.84% y 37.51% representan las dimensiones diseño y contenidos respectivamente; calculado en función del total de usabilidad para 19 personas (608); valores que se han utilizado para graficar las Fig. 3, 4 y 6; siempre modelando la escala ‘adecuado’. Para el caso de los 32 estudiantes, 26,36 es el porcentaje máximo que se puede alcanzar en ‘navegación’, 32,22% representa la dimensión diseño; calculado en función del total de usabilidad para 32 personas (1024), valores observables en las Fig. 3 y 4.

En base a los percentiles esbozados para los docentes en la Fig. 3 es viable discernir que los valores más altos fueron para los ítems: “*se conoce el estado del sistema en cada momento (ejemplo: al resolver un ejercicio)*” - igual que los alumnos, “*el sitio web facilita entender los mensajes con lenguaje sencillo y claro, evitando retraso en la realización de nuevas acciones*”, y “*la página es consistente, manteniendo el mismo flujo de navegación*”. Por ejemplo, para el segundo de ellos en Tanziflex se observan los siguientes estados para resolver un ejercicio de asignación: <Ejercicios de asignación / Carga de Datos / Resultados>. En el caso de los alumnos, los valores más altos en la respuesta ‘de acuerdo’ fueron los ítems: “*la página utiliza un lenguaje apropiado para los usuarios, y organiza la información con un orden natural y lógico*”, y “*la página es consistente, manteniendo el mismo flujo de navegación*”. Luego en la dimensión ‘diseño’ las respuestas pueden verse en la Fig. 4.

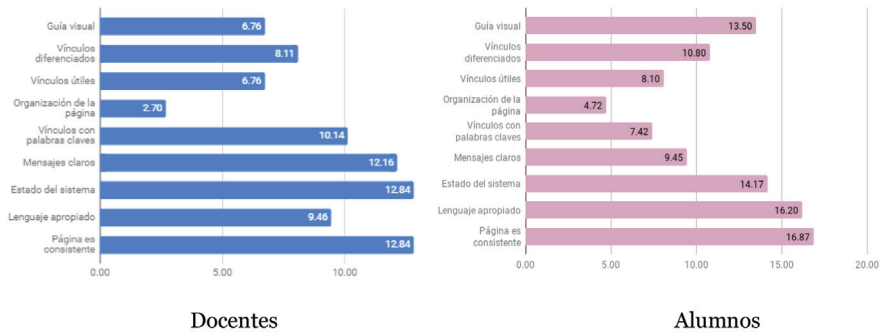


Figura 3 – Respuestas para la dimensión ‘navegación’ de docentes y alumnos.

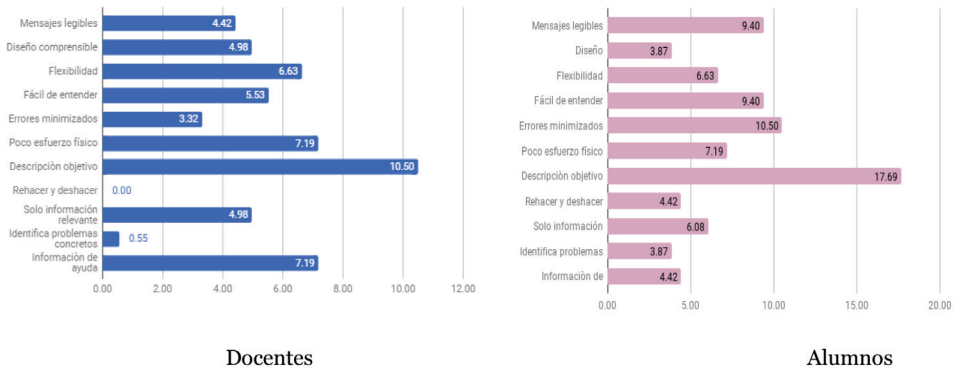


Figura 4 – Respuestas para la dimensión ‘diseño’ de docentes y alumnos.

Como se puede observar en la Fig. 4, los valores más altos para la respuesta ‘adecuado’ fueron obtenidos en los siguientes ítems: “*presenta una descripción del objetivo de la herramienta*”, “*su uso genera poco esfuerzo físico (vista, oído), un uso eficaz y con el mínimo esfuerzo posible; evitando las acciones repetitivas*”, “*la información de ayuda debe ser breve, concisa, fácil de buscar y enfocada a las tareas del usuario*”, “*la página permite la flexibilidad*”. Con respecto a los resultados de la respuesta ‘parcialmente adecuado’, los resultados más altos fueron obtenidos en “*ofrece funciones de rehacer y deshacer*”, debido a que la herramienta no permite volver atrás al estar completando un ejercicio mediante botones (o “*crtl+z*”) para este uso pero sí cambiando los valores en la carga de los datos y matrices; también permite limpiar todos los datos cargados en la matriz mediante un botón. No es posible rehacer la acción una vez borrados los datos, sí mantiene todos los datos cargados en la herramienta correspondientes al ejercicio en sí. Es decir que si un usuario realiza la carga de los datos y presiona el botón resolver, si vuelve para atrás mientras visualiza la resolución del ejercicio, retornará a la carga del ejercicio con los valores cargados.

Los alumnos han optado por la respuesta ‘parcialmente de acuerdo’ para los ítems relacionados con volver para atrás, “ayuda a los usuarios a reconocer y corregir sus errores, indica siempre el problema concreto que está ocurriendo y sugiere soluciones constructivas”, y “la información de ayuda debe ser breve, concisa, fácil de buscar y enfocada a las tareas del usuario”. Esto se debe a que, por ejemplo, al estar resolviendo un problema de transporte, la herramienta mostró el siguiente mensaje: “El problema no tiene solución, por favor revise los valores e intente nuevamente”. En sí, el mensaje no es erróneo porque la herramienta intenta resolver el problema de transporte con esos datos pero, algunos alumnos esperaban algún tipo de validación de los valores (en cuanto a que le indique por ejemplo, en rojo, la celda errónea). Ahora bien, un detalle que remarcaron positivamente tanto los docentes como los alumnos y que de alguna manera incide en la trazabilidad de los ejercicios y la comprensión de los mismos es que Tanziflex muestra la solución de un ejercicio en la misma pantalla, una matriz al lado de la otra, destacando las variables iniciales y las finales. Otro punto que destacaron fue la practicidad de descargar en un archivo de extensión .pdf todo el ejercicio completo resuelto. Con respecto a los resultados de los docentes en la dimensión de ‘contenidos’, la Fig. 5 despliega los mismos. El valor más alto de la respuesta ‘de acuerdo’ fue “el sitio web minimiza el uso de distractores, para evitar que se pierda en la navegación o que su desempeño no sea óptimo en el sitio”.

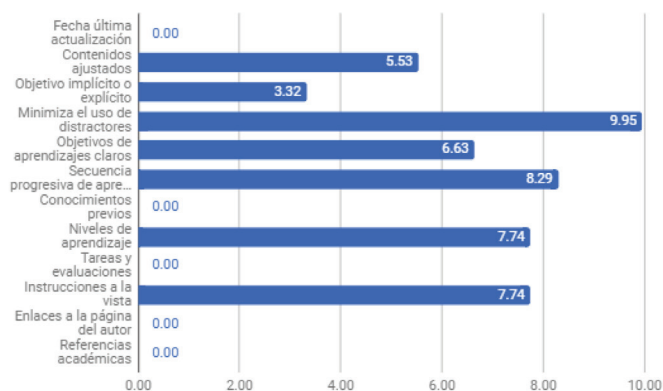


Figura 5 – Respuestas para la dimensión ‘contenidos’ de los docentes

Para los 12 ítems (ver Fig. 5), los valores más altos para la respuesta ‘adecuado’ fueron representados por los ítems siguientes: “el sitio web minimiza el uso de distractores, para evitar que se pierda en la navegación o que su desempeño no sea óptimo en el sitio”, “la secuencia progresiva del aprendizaje, responde a unas actuaciones controladas por el usuario, de acuerdo a sus necesidades e intereses”, y “las instrucciones están a la vista”. Con respecto a la respuesta ‘parcialmente de acuerdo’ (coincidentes en la Fig. 4 con valores 0.00% para ‘adecuado’), es interesante abordar los resultados valorados por los docentes debido a que especificaron las siguientes mejoras para ciertos ítems:

- “La página señala la fecha de la última actualización o versión”; la página indica la versión pero no la fecha de última actualización.

- “Los contenidos están ajustados al nivel pedagógico, de modo que pueda ser fácilmente identificado, comprendido y de utilidad”; la página podría mostrar distintos ejemplos de ejercicios para aquellos usuarios que recién se inician en la resolución de problemas de programación lineal.
- “El sitio presenta adecuadamente los diferentes niveles de aprendizaje (hechos, conceptos, principios, habilidades, valores) a lograr”; la página podría ampliar los conceptos a lograr incluyendo también las habilidades.

Para el ítem “se presenta una declaración previa sobre los conocimientos que el usuario debe dominar para tratar el tema actual y/o se presenta enlaces de refuerzo” los docentes indicaron que éste no existía (con la opción -1) porque la página no describía cuáles serían los conocimientos previos. A lo cual se les contextualizó que uno de los objetivos de Tanziflex es que pueda ser usado aun por aquellas personas que se encuentren estudiando carreras que no requieran bases matemáticas, pero en base a los usuarios puede ser viable la necesidad de incorporar enlaces de refuerzo e incluso mayor número de ejemplos previamente cargados en Tanziflex para que sirva de ayuda en cuanto a los conocimientos. Otros tres ítems obtuvieron el valor máximo en la opción de -1, que son aceptables considerando que Tanziflex se encuentra en su primera versión por lo cual este análisis de usabilidad era crucial para determinar los puntos de mejora.

- “Se proveen de ejercicios, tareas y evaluaciones complementarias para facilitar el aprendizaje de contenidos (resúmenes, autoevaluaciones, etc)”. En este caso en particular es necesario aclarar que en Tanziflex es posible realizar la carga de ejercicios de programación lineal, no es una plataforma como Moodle que se proveen de ejercicios para realizarlos.
- “Se incluye enlaces a la página del autor, para facilitar la búsqueda de otros artículos del autor y otras fuentes de información pertinentes”.
- “Están indicadas las referencias académicas del autor en el sitio Web, resaltando su experiencia y/o background”.

Si bien los participantes del test de usabilidad han puntualizado diversos puntos a mejorar, es viable explicitar que es mediante las pruebas con usuarios que se puede obtener el punto de vista real del estado del sistema. Por lo cual, serán estos puntos que se apliquen a Tanziflex en pos de generar una mejor iteración que nos permita abordar un nuevo estudio de usabilidad.

5. Conclusiones

En el presente artículo se presentó a Tanziflex, una herramienta web que permite la resolución de problemas de Programación Lineal, y también, se buscó realizar un análisis de usabilidad de la herramienta a partir de una muestra de docentes y de alumnos, en pos de identificar las perspectivas de los mismos a través de la resolución de problemas en la herramienta. Vale destacar que si bien la herramienta Tanziflex en su estado actual permite la resolución de todo tipo de problemas de PL, sólo presenta facilidades de uso y modelización para los casos de transporte y asignación. Con respecto al análisis de usabilidad, los resultados más altos fueron obtenidos en la variable ‘de acuerdo’, lo cual conlleva a la obtención de una evaluación positiva por los usuarios. De la misma forma, se obtuvieron valores altos de ‘parcialmente de acuerdo’ en algunos ítems de las tres dimensiones, los cuales se convertirán en consideraciones y mejoras que se tendrán en

cuenta para la próxima iteración de Tanziflex, en pos de lograr una nueva versión por demás completa y eficiente que posea un nivel de usabilidad pedagógica más alto.

En este contexto, y con respecto a los ítems calificados como -1 en la dimensión de diseño, se prevé como trabajo futuro incorporar en pos de facilitar el aprendizaje de contenidos, una sección de ejemplos resueltos y resúmenes breves de los temas; junto con otra sección que posibilite a usuarios cargar ejemplos útiles para el alumnado, y así ir progresivamente generando una plataforma más robusta. Por ello, en futuros desarrollos sobre la herramienta se podrá énfasis en las innovaciones educativas, realizando aplicaciones en casos de estudio con un número mayor de individuos. Es viable mencionar que una vez que finalice la incorporación de los puntos obtenidos como resultado del análisis de usabilidad, se pondrá a disposición la dirección web de la herramienta para aquellas personas interesadas, que podrán enviar un email a los autores para solicitar dicho enlace.

Referencias

- Bergmann, J., & Sams, A. (2012). *Flip your classroom: Reach every student in every class every day*. Washington, DC: International Society for technology in education.
- Bermúdez Colina, Y. (2011). Aplicaciones de programación lineal, entera y mixta. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, II(7), 85–104.
- Contreras, J. Á., Masa, J. A., Andrade, M. G. M., & Espada, R. M. (2017). Uso del modelo de aprendizaje inverso para mejorar materiales educativos universitarios. *RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (23), 17–32.
- Duart, J. M. (2003). Educar en valores en entornos virtuales de aprendizaje: realidades y mitos. *Revista Apertura*, (2). Retrieved from: <http://www.uoc.edu/dt/20173/index.html>.
- Falco, M. (2016) m-Learning: Estudiantes móviles. In 4º Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2016). Universidad Católica de Salta (UCASAL). 17 y 18 de Noviembre. Salta, Argentina.
- Falco, M. (2017). Reconsiderando las prácticas educativas: TICs en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Tendencias pedagógicas* (29): 59–76.
- Falco, M; Nuñez, I., Perea, L., Carlevari, R., & Tanzi, F. (2018). Herramienta Software como Soporte al Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la Programación Lineal. En: Simposio Argentino de Enseñanza Superior en Informática (SAESI), 47 JAIIO, Universidad de Palermo, Buenos Aires.
- Fylstra, D., Lasdon, L., Watson, J., & Waren, A. (1998). Design and use of the Microsoft Excel Solver. *Interfaces*, 28(5), 29–55.
- Fullan, M. (2007). *The New Meaning of Educational Change*. Abingdon: Routledge.
- Garrison, D. R., & Kanuka, H. (2004). Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education. *The internet and higher education*, 7(2), 95–105.

- Holzinger, A. (2005). Usability engineering methods for software developers. *Communications of the ACM*, 48(1), 71–74.
- ISO/IEC(2018). ISO/IEC25010 Software product quality. Disponible en: <http://iso25000.com/index.php/en/iso-25000-standards/iso-25010?limit=3&limitstart=0>, último acceso: 21/11/2018.
- ISO (2018). ISO 9241-11:2018 Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-2:v1:en>; último acceso: 21/11/2018.
- Kadiri, J. A., & Adetoro, N. A. (2012). Information Explosion and the Challenges of Information and Communication Technology Utilization in Nigerian Libraries and Information Centres. *Ozean Journal of Social Sciences*, 5(1), 21–30
- Kukulska-Hulme, A., & Shield, L. (2004). Usability and pedagogical design: Are language learning websites special?. In: *EdMedia: World Conference on Educational Media and Technology*, (pp. 4235-4242). Association for the Advancement of Computing in Education.
- Luís, C., Rocha, Á., & Marcelino, M. J. (2018). Acessibilidade em Ambientes Virtuais de Aprendizagem: Accessibility in Virtual Learning Environments. *RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (25), 54–65.
- Maris, M., De Giuste, A., & Pesado, P. (2012). Métodos de evaluación de usabilidad: una propuesta de aplicación en Objetos de Aprendizaje. In: *XIV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC)*.
- Marquès P. (1995) Metodología para la elaboración de software educativo en Software Educativo: Guía de uso y metodología de diseño. Barcelona: Estel.
- Miranda, M. (2003). Programación Lineal y su entorno. Educa.
- Nielsen, J. (1994). Usability inspection methods. In: *Conference companion on Human factors in computing systems*, (pp. 413-414). ACM.
- Nielsen, J. (1994). Usability inspection methods. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Nokelainen, P. (2006), An empirical assessment of pedagogical usability criteria for digital learning material with elementary school students. *Educational Technology & Society*, 9 (2), 178–197.
- Oyediran-Tidings, S.; Ondari-Okemwa, E.M.; & Nekhwevha, F.H. (2017). Availability and Accesibility of educational information to learners in selected high schools in South Africa. In: *Improving Quality of Life Through Information. Proceedings of the XXV Bobcatsss Symposium, Tampere, Finland*.
- Reyes Vera, J. M., Berdugo Torres, M. I., & Machuca Villegas, L. (2016). Evaluación de usabilidad de un sistema de administración de cursos basado en la plataforma Lingweb. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 24(3), 435–444.
- Saariluoma, P. (2006). The importance of the free flow of information and knowledge. *An Interdisciplinary Journal on Humans in ICT Environments*, 2 (1), 1–3.

- Schrage, L. E. (1984) *Linear, integer, and quadratic programming with LINDO*. Palo Alto: Scientific Press.
- Silius, K., & Tervakari, A. M. (2003). An evaluation of the usefulness of web-based learning environments. The evaluation tool into the portal of Finnish virtual university. In *International Conference of Network Universities and e-learning*. Valencia, España.
- Shield, L., & Kukulska-Hulme. A. (2006). Are language learning websites special? Toward a Research Agenda for Discipline-Specific Usability. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 15 (3), 349–369.
- Turpo Gebera, O. (2012). Criterios de valoración sobre la usabilidad pedagógica en la formación continua docente. *Razón y palabra*, 17 (81).
- Turpo Gebera, O. (2018). La usabilidad pedagógica en la formación del profesorado: un estudio de caso. *Revista ESPACIOS*, 39 (15), 6.
- Velázquez, I., & Sosa, M. (2009). La usabilidad del software educativo como potenciador de nuevas formas de pensamiento. *Revista Iberoamericana de educación*, 50(4), 1–12.
- White, J. P. (2009). *The Effects of the Information Explosion on Information Literacy*. Archiving Desk to Desk. Retrieved from: <https://jacquelynwhite.wordpress.com/2009/09/28/effects-of-the-information-explosion-on-information-literacy/>.