

---

## Historia y Enseñanza

---

### Javascript Simplex. A tool for teaching linear programming

Marina Cabello Martínez and Ana Delgado Vela

Escuela Superior de Ingeniería Informática  
Universidad de Sevilla

✉ marinacabellomartinez@gmail.com, anadelgadovela@hotmail.com

Antonio Rufián Lizana

Departamento de Estadística e I.O.  
Universidad de Sevilla

rufian@us.es

#### Abstract

Javascript Simplex is an undergraduate final year project developed in the Department of Statistics and Operations Research of the University of Seville. The objective is to provide a useful Web tool for students and teachers to help solve linear programming problems using the simplex algorithm, with a strong didactic purpose. With this aim, it is available to students and any others interested people at

<http://destio.us.es/alumnos/jsxui/>.

It also allows graphical solution for the problems of two variables.

**Keywords:** Linear Programming, Mathematics Education.

**AMS Subject classifications:** 90C05, 00A35, 97C70.

## 1. Introducción

Como todo alumno a punto de finalizar los estudios de Ingeniería Técnica de Informática de Gestión, nos vimos en el momento de elegir el tema sobre el que íbamos a basar nuestro proyecto de fin de carrera. Teniendo en cuenta nuestra inclinación personal hacia la docencia y nuestra experiencia como alumnas, quisimos hacer una aportación a la labor docente de la asignatura Investigación Operativa, cuyo temario se fundamenta en la programación lineal y que se cursa en segundo año. En colaboración con el profesor que ha ejercido la docencia de la asignatura en los últimos años, estudiamos las distintas posibilidades para un proyecto que tuviera aplicaciones docentes.

Era imprescindible aportar un programa innovador, que representara una solución distinta y diferenciada de las aplicaciones existentes hasta el momento y, sobre todo, que permitiese a los alumnos aprender el algoritmo del Simplex, tal y como requiere la asignatura. No tratábamos sólo de solucionar los problemas lineales, sino que sirviera de herramienta docente y que los alumnos pudieran comprobar la validez de sus cálculos manuales y pudiesen detectar los errores cometidos.

## 2. Análisis comparativo con otras herramientas existentes

En un primer paso, exploramos tecnológicamente la Web con la intención de encontrar herramientas desarrolladas con el mismo objeto que la que pretendíamos configurar, detectando carencias susceptibles de mejoras que permitieran ofrecer un recurso más completo, eficaz y útil.

Para ello, analizamos tres herramientas distintas diseñadas con el mismo propósito: resolver problemas de programación lineal usando el algoritmo del Simplex. Definimos seis parámetros para comparar los programas: tipo de programa (web o escritorio), introducción de datos, visualización de tablas, uso de fracciones, posibilidad de modificación de los datos y visualización de gráficas.

El primer programa analizado fue PHP Simplex (<http://www.phpsimplex.com/>) [1], que es una herramienta que aunque sea web presenta algunas desventajas, como son la imposibilidad de salvar y recuperar los problemas, una representación gráfica muy poco precisa y sobre todo, la pérdida de precisión al trabajar sólo con números decimales. Este punto es de especial importancia, ya que los alumnos para aprender el algoritmo operan con fracciones, lo que hace imposible la comparación de su trabajo personal con los resultados ofrecidos por el programa.

Otra herramienta web que tuvimos en cuenta fue ZweigMedia (<http://www.zweigmedia.com/RealWorld/simplex.html/>) [2] que, siendo bastante parecida a la anterior, admite la posibilidad de trabajar con números racionales o decimales redondeando al número de dígitos que indiquemos. Pero con el inconveniente de que la introducción de datos es bastante más complicada, ya que hay que escribir el problema completo con una sintaxis particular. Además, no permite la resolución del problema de forma gráfica.

Por último, estudiamos también WinQSB [3], una aplicación que presenta grandes inconvenientes: Al tratarse de una aplicación de escritorio dificulta en gran medida su distribución y hace complicado el acceso. Por otra parte, el programa sólo es compatible con Windows lo cual implica bastantes limitaciones, puesto que hoy en día hay múltiples sistemas operativos que además son gratuitos y están más difundidos en el ámbito universitario. Y además, trabaja con números reales, problema que ya hemos analizado anteriormente.

De la revisión obtuvimos unas conclusiones evidentes, tales como mantener

una sintaxis intuitiva que permitiese introducir los problemas sin ninguna dificultad, así como la necesidad de trabajar con fracciones, que es lo relevante al operar con las tablas del Simplex. El segundo aspecto era establecer unos objetivos definidos a tener en cuenta en la fase de desarrollo. Por otro lado, también estábamos interesados en que el programa fuera accesible a todos los alumnos que lo quisiesen usar, por lo que se determinó que fuese una aplicación web.

### 3. Análisis de la Aplicación

A continuación, damos cuenta del proceso de definición del programa Javascript Simplex.

1. El primer objetivo consistía en que la herramienta a implementar fuese capaz de gestionar los problemas de una forma sencilla y didáctica. Para ello cuenta con un apartado de teoría en el que se puede localizar, tanto los temas relacionados, así como un breve resumen de conceptos básicos disponibles para su descarga, extraídos de Rufián et al (2011) (ver Figura 1).



Figura1

Además, es posible visualizar de forma desplegada diferentes ejemplos sin tener que introducirlos manualmente (ver Figura 2)



Figura 2

También incorpora comentarios en la resolución de los problemas que hacen su comprensión más fácil y trabaja con fracciones irreducibles (ver Figura 3).

Iteración 2: entra  $x_1$  y sale  $y_1$

	0	0	0	1	1	1	
$x_1$	0	1	$1/3$	0	$2/3$	$-1/3$	$8/3$
$x_3$	0	0	$2/3$	1	$1/3$	$1/3$	$10/3$
$y_3$	1	0	0	0	-1	-1	1
	0	0	0	-2	-2	0	0

Solución:  $x_1 = 8/3$   $x_2 = 0$   $x_3 = 10/3$   $x_4 = 0$   $x_5 = 0$  Resultado: 0

Las variables artificiales que no se han expulsado de la base valen 0, son linealmente dependientes.

Figura 3

- Además, nos pareció conveniente incorporar un apartado de visualización gráfica (ver Figura 4), toda vez que, en una primera toma de contacto con el problema, es un buen recurso para tener una visión general de los tipos de soluciones que pueden darse. En este apartado también podemos encontrar cuatro submenús para configurar las gráficas en función de las necesidades particulares.

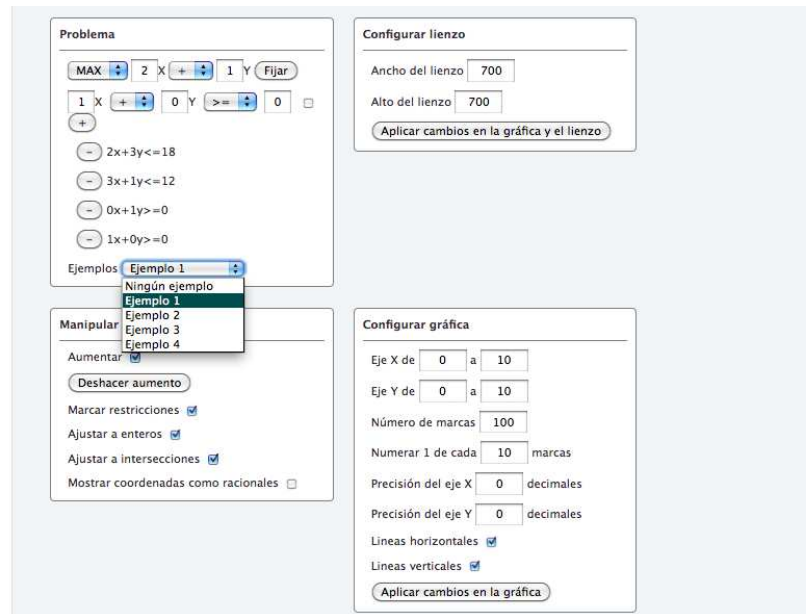


Figura 4

3. Teniendo en cuenta que la forma de acceder a las funcionalidades de la aplicación es a través del interfaz, pusimos el mayor empeño en conseguir una implementación de éste que aportara sencillez y facilidad de uso.

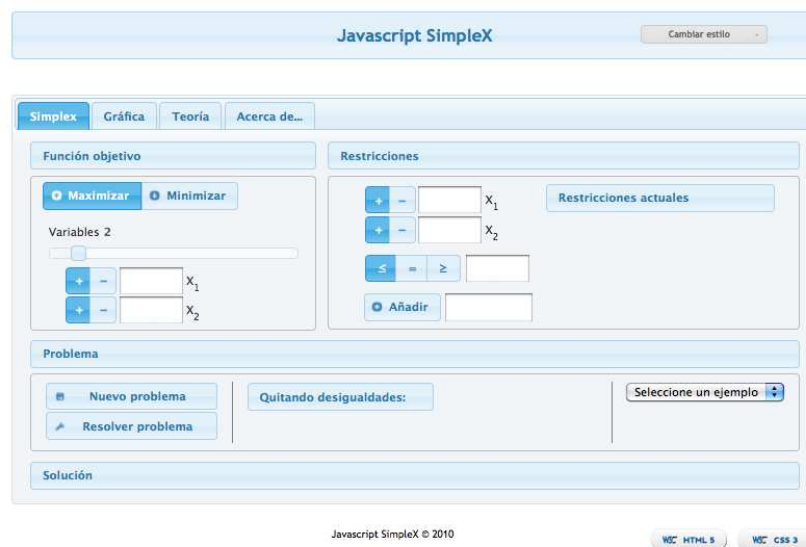


Figura 5

Como se aprecia en la Figura 5, el contenido está organizado con este objetivo, de manera que es inmediata la localización de los elementos que definen el problema.

4. Por otra parte, no podíamos perder de vista las características básicas con las que debe contar una buena aplicación Web como la velocidad, la seguridad y la accesibilidad. La aplicación resuelve los problemas de una forma eficiente aunque se introduzcan un número alto de restricciones o variables. Además, en la medida que los usuarios serán también alumnos, y para prevenir y protegerlos de posibles errores, se avisará con un mensaje en pantalla cuando se introduzcan datos erróneos (ver Figura 6).

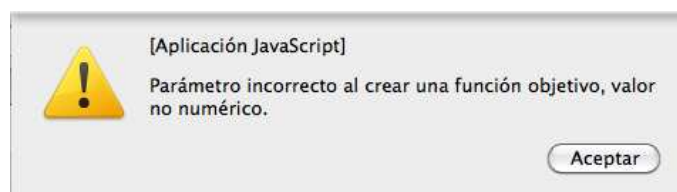


Figura 6

Por último, como se muestra en la Figura 7, proporcionamos una alta gama de colores y temas, así como la posibilidad de ampliar o reducir fácilmente la pantalla con el objetivo de que la herramienta se adapte a las necesidades de personas con discapacidad visual.



Figura 7

5. Finalizamos las consideraciones comentando que es una herramienta desarrollada en software libre bajo licencia GPL y su código fuente está disponible desde la página, en la pestaña “Acerca de”, para su descarga.

#### 4. Consideraciones sobre el software

Para alcanzar los objetivos definidos es imprescindible hacer uso del software apropiado que dividimos en tres grandes bloques:

1. El lenguaje de marcado HTML nos ofrece una estructura adecuada para la aplicación, ya que dispone de un sistema de formularios y representación sencilla y fácil de implementar. El mayor inconveniente lo constituía las limitaciones a la hora de representar gráficas y puesto que éste era un objetivo destacable, nos decidimos por emplear un nuevo elemento HTML llamado Canvas, que además nos brindaba la posibilidad de guardar las gráficas generadas (ver Figura 8). Por otro lado, usar Canvas implica al mismo tiempo la necesidad de utilizar la versión 5 de HTML, algo que asegura que nuestra aplicación mantendrá la vigencia durante bastante tiempo (la versión anterior de HTML lleva activa más de trece años). Con ello ya disponemos de un lenguaje de representación y un generador de gráficos adecuado a nuestro proyecto.

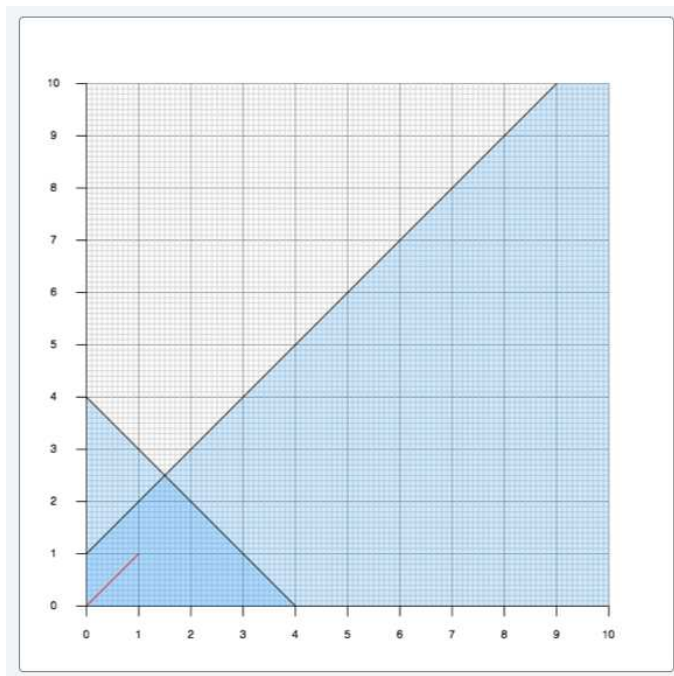


Figura 8

2. Para la maquetación empleamos CSS3, por una parte, definiendo nuestra propia hoja de estilos donde distribuimos los distintos elementos de la aplicación, y por otra, utilizando las de jQueryUI-para la representación global que incluye una serie de librerías JavaScript que amplían los elementos de HTML5 y unifican todos los estilos en diseños de pantallas o temas, como vimos en la Figura 7.
3. Antes de finalizar, hemos de hacer referencia al lenguaje que nos permite la lógica de aplicación. Se nos presentaban dos opciones posibles y apostamos por la solución basada en nuestra experiencia como alumnas. A pesar de que el material de estudio esté disponible desde el inicio del curso en Internet, con frecuencia sucede que sólo se accede al mismo en fechas previas a los exámenes, lo que provoca un colapso en el servidor. Lo soslayamos optando por un lenguaje que opere del lado del cliente como es JavaScript, que además es flexible y nos permite plasmar de una manera sencilla los distintos conceptos de la programación lineal.

## 5. Conclusiones

El proyecto se puso en práctica durante los cursos 2009-2010 y 2010-2011 para los alumnos de Investigación Operativa de la Facultad de Ingeniería Informática de la Universidad de Sevilla, colgándose un enlace en la página web de la asignatura, más concretamente en la WebCT de la Universidad de Sevilla. Prácticamente todos los alumnos de la asignatura hicieron uso de la aplicación, ya que les permitía resolver los problemas que se le proponen en los boletines y comprobar que las soluciones obtenidas a mano coincidían con las propuestas por la herramienta. De hecho, el programa ha experimentado constantes revisiones a partir de las sugerencias realizadas por los alumnos y otros usuarios. Ello ha permitido adaptar mejor la aplicación a las necesidades docentes de la asignatura. Por otro lado, al resolver los problemas de forma detallada, facilita el aprendizaje autónomo del alumno, que era uno de nuestros objetivos iniciales.

Nos gustaría concluir manifestando el alto grado de satisfacción con el que hemos desarrollado y presentado el proyecto, en la medida que se han alcanzado los objetivos que se marcaron al inicio. La metodología y las herramientas utilizadas han resultado exitosas y se ha obtenido un reconocimiento académico sobre los resultados logrados. Desde el punto de vista del director del proyecto, el resultado ha sido muy satisfactorio, pues ahora se cuenta con un nuevo recurso educativo para la asignatura, que se adapta a las necesidades docentes.

Los alumnos han tenido un recurso fácil de usar que les ha permitido repasar de una manera práctica los conceptos teóricos estudiados, aprendiendo de forma autónoma y eficiente. Aunque todavía es pronto para hacer una evaluación de los resultados, durante los dos cursos pasados se elevó el número de alumnos aprobados de forma significativa.



En definitiva, se trata de un sistema adecuado para resolver los problemas, que posee una interfaz de usuario completamente intuitiva y de muy fácil manejo, y que reúne las características más interesantes de las aplicaciones existentes.

Además, la experiencia en el desarrollo de un proyecto de esta dimensión y complejidad nos será sin duda muy valiosa para afrontar el futuro próximo en el mundo laboral.

## Referencias

- [1] Sitio web de la herramienta PHPSimplex. <http://www.phpsimplex.com/> [consulta: 2/12/2011].
- [2] Sitio web de la herramienta ZegiMedia.  
<http://www.zweigmedia.com/RealWorld/simplex.html>. [consulta: 2/12/2011].
- [3] Chang, Y. (2002). *WinQSB: Software and Manual, version 2.0*. Editorial John Wiley and Sons.
- [4] Rufián, A., Ruiz, G. y Osuna, R. (2011). *Métodos de Optimización Matemática*. Editorial Alvalena.

## Acerca de los autores

**Marina Cabello Martínez y Ana Delgado Vela** han terminado en 2010 los estudios de Ingeniería Técnica Informática de Gestión.

**Antonio Rufián Lizana** es profesor Titular de Universidad del Departamento de Estadística e Investigación Operativa de la Universidad de Sevilla. Su investigación está centrada en Optimización Matemática, más concretamente, en la búsqueda de condiciones de optimalidad.