

## Una herramienta didáctica interactiva para la enseñanza-aprendizaje de los autómatas finitos deterministas

Adán Dzib-Tun, Cinhtia González-Segura, Michel García-García

adan\_m90@hotmail.com, gsegura@uady.mx, michel.garcia@uady.mx  
 Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Matemáticas  
 Unidad Multidisciplinaria Tizimín.  
 Calle 48 Num. 207 x 31. CP 97700  
 Tizimín, Yucatán, México.

**Resumen:** La asignatura, teoría de la Computación se cataloga como una de las que presentan mayor dificultad para los estudiantes universitarios y se ha observado que el dominio del tema de los autómatas finitos es fundamental para la comprensión de los temas subsiguientes. En este trabajo, se describe una herramienta didáctica interactiva creada para abordar el tema de los autómatas finitos deterministas, el cual forma parte de la teoría computacional básica en la enseñanza de nivel superior, específicamente en la licenciatura en ciencias de la computación. Esta herramienta didáctica está diseñada para que el alumno aprenda o refuerce sus conocimientos fuera del salón de clases o incluso de manera autodidacta. Se describe el proceso de diseño y desarrollo de la aplicación, el cual cuenta con una interfaz atractiva diseñada en Adobe Flash CS5 y programada con Action Script 3.0. El material está diseñado con base en el estándar SCORM y consta de una introducción, una explicación teórica, ejemplos resueltos, actividades y por último la evaluación. Todo el material incluido se presenta con animaciones y realimentaciones gráficas, de tal forma que el estudiante pueda visualizar los procesos seguidos en la solución de los ejercicios de manera atractiva e interactiva al permitirle seleccionar sus respuestas a los ejercicios planteados y realimentarlas inmediatamente.

**Palabras clave:** Software educativo, Teoría de lenguajes y autómatas, Autómata finito determinista.

**Abstract:** The theory of computation course is listed as one of those that present greater difficulty for college students and it has been observed that the domain of finite automata issue is fundamental to understanding the subsequent subjects. This paper describes an interactive teaching tool created to learn the subject of deterministic finite automata, which is part of the basic computational theory of higher level education, specifically in the degree in computer science. This teaching tool is designed to allow students to learn or reinforce their knowledge outside the classroom or even self-taught. We describe the design and development process of the application, which has an attractive interface designed in Adobe Flash CS5 and programmed with Action Script 3.0. The material is designed based on the SCORM standard and consists of an introduction, a theoretical explanation, worked examples, activities and finally the evaluation. All material is presented with animations and graphical feedback, so that the student can visualize the processes used in solving exercises engaging and interactive way to allow you to select your answers to the following exercises and provide their feedback immediately is a brief description.

**Keywords:** Educational software, languages and automata theory, a deterministic finite automaton.

### 1 Introducción

Los lenguajes formales y la teoría de autómatas que incluyen el estudio de los Autómatas Finitos Deterministas (AFD) son temas centrales en el currículo de la licenciatura en ciencias de la computación. Estos temas presentan ciertas dificultades para los estudiantes debido a su complejidad y nivel de abstracción, por lo que son difíciles de aprender [González12]. Además, en algunas ocasiones los estudiantes no cuentan con los conocimientos previos necesarios [Esmoris03], lo cual también origina que se les presenten serias dificultades al momento de cursar las asignaturas asociadas con este tema.

El tema de los AFD es de gran importancia en la formación profesional de un licenciado en ciencias de la computación (LCC), porque proporciona los fundamentos teóricos que permitirán comprender mejor las ciencias de la computación y la informática, sus orígenes, tanto históricos como matemáticos y explorar los problemas, posibilidades y complejidad de cálculo que constituyen el núcleo de las ciencias de la computación. [Gallardo08] [Hopcroft07] [Kelley98]. Otra de las razones por la que los AFD (y también los Autómatas Finitos No

Deterministas, AFN) se consideran importantes es porque constituyen un factor para el desarrollo de un modelo útil para muchos tipos de hardware y software [Hopcroft07].

En la experiencia personal de los autores, se ha observado que los alumnos encuentran dificultades con el tema de los autómatas finitos debido al nivel de complejidad y abstracción del mismo, aunado a la escasa participación en clase, tener malos hábitos de estudio, falta de dedicación debido a que trabajan, entre otros. Esto puede ocasionar la ausencia (física o mental) del alumno en el salón de clases, lo cual a su vez causa una disminución del nivel dominio del alumno hacia la asignatura.

En [González12], se realizó un análisis de las asignaturas que presentan mayor dificultad para los estudiantes de la LCC, para lo cual se recopiló la opinión de 56 alumnos que listaron sus temas y asignaturas de mayor dificultad. El 89% de los estudiantes encuestados indicó que la asignatura Teoría de la Computación le resultó particularmente difícil cuando la cursó. Las asignaturas de mayor dificultad corresponden a Cálculo Vectorial, Teoría de la Computación, Compiladores y Sistemas Distribuidos, en ese orden. Estos datos concuerdan con las calificaciones obtenidas por un grupo de estudiantes al

cursar la asignatura, pues el promedio general registrado se ubica entre los más bajos de las asignaturas del currículo, con 56 puntos (en escala de 0 a 100).

Para adquirir los conocimientos de la asignatura de forma sólida y significativa, se requiere de la realización de un gran número de ejercicios por parte del estudiante. Sin embargo, en la mayoría de los casos, no es posible realizarlos en el salón de clase, debido a la extensión del temario y tiempo limitado de las mismas. Por ello se han tomado medidas encaminadas a minimizar este problema. Una de estas medidas consiste en proporcionar el material al alumno para que lo estudie antes y después de ver el tema en clase, logrando de esta forma dedicar el tiempo de clase a los ejercicios. Sin embargo los estudiantes en la mayoría de las ocasiones, encuentran elevada la complejidad de los ejercicios y debido a la dificultad de abstracción requieren con frecuencia la explicación del profesor.

Otra posible medida consiste en diseñar y proporcionar ejercicios con sus respectivas soluciones, de tal forma que les permita a los estudiantes resolverlos por su propia cuenta y comprobar la solución obtenida de ésta. Ésta tiene el inconveniente de mantener actualizados los ejercicios [Castro07] y se corre el riesgo de que el estudiante no comprenda el procedimiento para encontrar la solución.

A raíz de lo anterior, surge la necesidad de contar con materiales adecuados para apoyar a los estudiantes en su proceso de aprendizaje, como el uso de herramientas didácticas que den soporte y permitan aportar bases teóricas sólidas y a la vez ejemplos didácticos claros de aplicación de dichos conceptos para la resolución de problemas [Marciszack11], logrando de esta forma que el alumno mejore sus conocimientos en el tema sin la presencia permanente de algún profesor a su lado que oriente y realimente sus avances.

En este trabajo, se presenta el diseño de una herramienta didáctica interactiva orientada a la enseñanza del tema de los AFD, desde sus conceptos teóricos básicos hasta la formulación de los autómatas que representen algún lenguaje especificado.

El resto de este documento está organizado de la siguiente manera. En la Sección 2, se describe el marco teórico con algunos trabajos previos relacionados con la enseñanza-aprendizaje de los AFD. La Sección 3 describe el proceso de diseño y desarrollo de la herramienta didáctica. La sección 4 describe los módulos que componen la herramienta: definiciones teóricas, ejemplos, actividades y evaluación. La sección 5 incluye las conclusiones y trabajos futuros.

## 2 Marco teórico

Actualmente, existen algunas herramientas didácticas que se han desarrollado para dar solución a este problema, una de ellas es el SELFA-Pro [Rodríguez08] que resuelve ejercicios sobre autómatas finitos, expresiones regulares, gramáticas regulares, autómatas con pila y gramáticas libres de contexto. Su objetivo principal es permitir la propuesta de ejercicios sobre diferentes temas de la asignatura y la resolución de los mismos, logrando de esta

forma la calidad de la formación impartida, facilitando el aprendizaje de los principales conceptos de la asignatura Teoría de Autómatas y Lenguajes Formales. Entre las desventajas encontradas en esta herramienta, se observó una interfaz intuitiva, pero compleja de utilizar, pues requiere que el usuario posea cierto conocimiento sobre el tema que se aborda, además de que no permite al estudiante practicar el proceso de crear AFD, ni decidir si cierta palabra del lenguaje es aceptada o no por el autómata correspondiente. La herramienta asume diversos conceptos, tales como las tablas de transición de los autómatas, el proceso de aceptación o rechazo de las palabras, entre otros.

Otra aplicación existente es el TALFi, cuyo objetivo es ser una herramienta para el aprendizaje y el uso de diversos algoritmos aplicados al tratamiento de autómatas. Con TALFi, es posible crear autómatas y ver sus transformaciones en otros autómatas gracias a los diferentes algoritmos que se pueden aplicar sobre ellos. Es una herramienta de fácil uso, capaz de ser usada en una terminal o bajo una interfaz gráfica [Ballesteros09]. Sin embargo, esta herramienta no aborda el tema de las tablas de transición de los autómatas, no permite practicar la creación de un AFD, no le permite al estudiante practicar la aceptación y rechazo de palabras de un lenguaje regular.

Como puede observarse, existe una gran preocupación por lograr que el estudiante del nivel superior tenga los conocimientos necesarios del tema de autómatas finitos deterministas y existen algunas herramientas creadas para que los alumnos refuercen su aprendizaje sobre este tema. Sin embargo, no se ha encontrado alguna aplicación interactiva que realmente con detalle el aprendizaje del estudiante, pues incluso las que contienen ejercicios se limitan a presentar las instrucciones.

La herramienta didáctica que se presenta en este trabajo está enfocada exclusivamente al tema de los AFD, posee una interfaz intuitiva para que el estudiante pueda interactuar de manera fácil y divertida, aprendiendo los conceptos teóricos y prácticos del tema. Los ejemplos y ejercicios que contiene son interactivos, con animaciones detalladas que realimentan las respuestas del estudiante, tanto las correctas como las incorrectas.

## 3 Diseño y desarrollo

Para el diseño de la herramienta didáctica, se partió de una investigación acerca de los conceptos teóricos y prácticos más importantes del tema de los AFD. El desarrollo de la interfaz y las animaciones se realizaron con el software de animación Adobe Flash CS5 y con Action Script 3.0 se programó la lógica de la aplicación. La información incluida se sintetizó convirtiendo en animaciones las explicaciones textuales encontradas en los materiales existentes con la finalidad de que el software le permita al estudiante mejorar la calidad de su aprendizaje de una forma más interactiva, tal como se sugiere [Ballesteros09].

### 3.1 Diseño

Para realizar el diseño de las interfaces, se partió de la idea de que la herramienta didáctica desarrollada debía contar con una interfaz amigable, intuitiva e interesante

para el estudiante. También se tomaron en cuenta las características para garantizar que la herramienta sea práctica y usable [Catro07], siguiendo los estándares que establece el *Sharable Content Object Reference Model* [SCORM13].

El diseño se realizó buscando que la información mostrada sea clara, completa y correcta, tanto en las pantallas teóricas como en los ejercicios prácticos, con el fin de que realmente le facilite al estudiante su proceso de aprendizaje acerca del tema. Además, se verificó que la información utilizada en dicha herramienta sea confiable y libre de errores, lo cual se logró tras varias iteraciones.

El objetivo principal del material es que el estudiante pueda aprender, practicar y evaluar su aprendizaje, sin la presencia permanente del profesor, tal como se recomienda [Rodríguez08].

### 3.2 Proceso de desarrollo

El diagrama de la Figura 1 ilustra el ciclo de desarrollo de la herramienta didáctica que se presenta, el cual requirió algunas iteraciones antes de publicar la versión final de la aplicación.

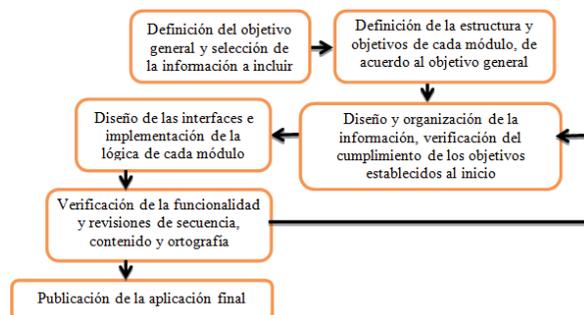


Figura 1. Ciclo de desarrollo de la herramienta didáctica interactiva para el aprendizaje de AFD.

## 4 Componentes

Al ejecutar la herramienta, se presentan los datos del material, el tema, objetivo y menú interactivo que permite acceder a los módulos del mismo: teoría, ejemplos, actividades y evaluación. A continuación, se describen estos módulos.

### 4.1 Definiciones teóricas

En este módulo, se muestran los conceptos teóricos más importantes en el tema de los autómatas finitos deterministas. Se pretende que la información presentada sea clara y fácil de comprender sin la presencia permanente de un profesor. La Figura 2 ilustra una pantalla con la definición de un autómata finito determinista (AFD).

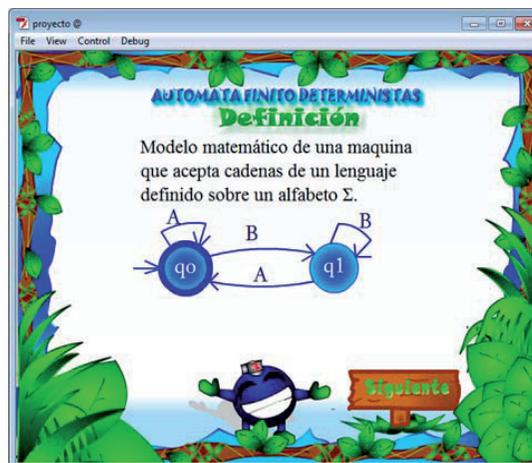


Figura 2. Módulo de teoría básica ejemplificando la definición animada de un AFD.

### 4.2 Ejemplos

El objetivo principal del módulo de ejemplos es pasar de la teoría a la práctica. La interfaz se compone de un menú con diferentes opciones que conducen a varios tipos de ejemplos. Antes de elegir alguno de ellos se muestra una descripción emergente de su contenido.

Un ejemplo que se incluye es respecto a un AFD definido por una 5-tupla  $M = (\Sigma, Q, s_0, \delta, F)$ , a partir de la cual se obtiene el diagrama de transición. En este ejemplo, el estudiante puede observar de manera interactiva cuál es el significado de los 5 elementos que definen el autómata, hasta obtener el diagrama de transición completo. Para esto, se realizan cuatro pasos: el primero sobre el conjunto de estados, el segundo respecto al estado inicial, el tercero para los estados finales y el último sobre cómo realizar las transiciones de un estado a otro con cada símbolo del alfabeto. Al final, se observa que el diagrama del AFD ya está completamente construido. La Figura 3 ilustra este proceso en la aplicación.

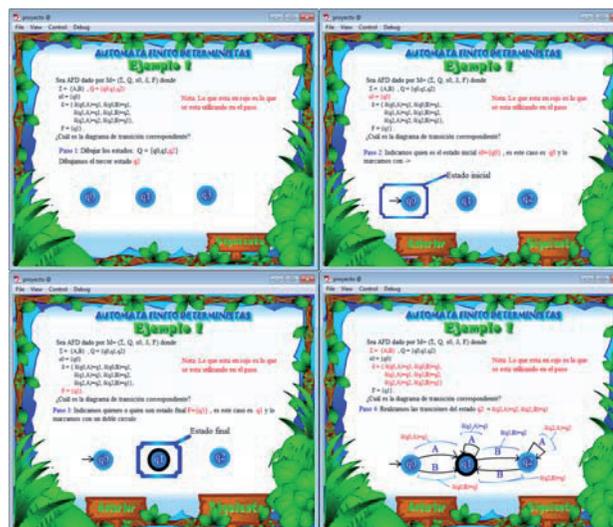


Figura 3. Ejemplo que muestra cómo crear el diagrama de transición de un AFD. Paso 1: Dibujar los estados iniciales. Paso 2: Marcar el estado inicial. Paso 3: Marcar los estados finales. Paso 4: Realizar las transiciones.

### 4.3 Actividades

El objetivo principal de este módulo es lograr que el estudiante aplique sus conocimientos en la solución de ejercicios. Se incluyen diferentes tipos de actividades en las que es necesario aplicar lo aprendido previamente, respecto al tema.

Por mencionar un ejemplo, se incluye una actividad en la que el estudiante debe identificar un autómata finito determinista (AFD) de un conjunto de autómatas finitos no deterministas. La Figura 4 ilustra este ejemplo.

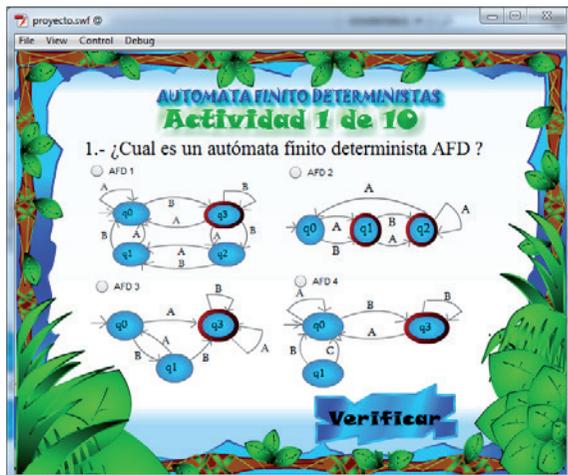


Figura 4. Interfaz de una actividad que muestra el ejercicio con cuatro respuestas opcionales.



Figura 5. Interfaz de la realimentación correspondiente a la actividad de la Figura 4, para la respuesta correcta.



Figura 6. Interfaz de la realimentación correspondiente a la respuesta incorrecta de la actividad ilustrada en la Figura 4.

### 4.4 Evaluación

Este módulo tiene como objetivo principal que el estudiante pueda identificar sus fortalezas y debilidades respecto a los conocimientos adquiridos por él, en relación con el tema de autómatas finitos deterministas.

Un ejercicio que se puede encontrar en el módulo de evaluación es respecto a un AFD definido por una 5-tupla  $M=(\Sigma, Q, s, \delta, F)$ , en la cual el estudiante deberá identificar a cuál de las posibles opciones corresponde la tabla de transición proporcionada. La Figura 7 ilustra este ejercicio.

Por cada ejercicio de la evaluación, si la respuesta dada por el estudiante es correcta, se suma un punto a su calificación final. Al finalizar, se muestra la calificación obtenida por el estudiante que corresponde a la puntuación acumulada tras realizar todos los ejercicios de la evaluación.

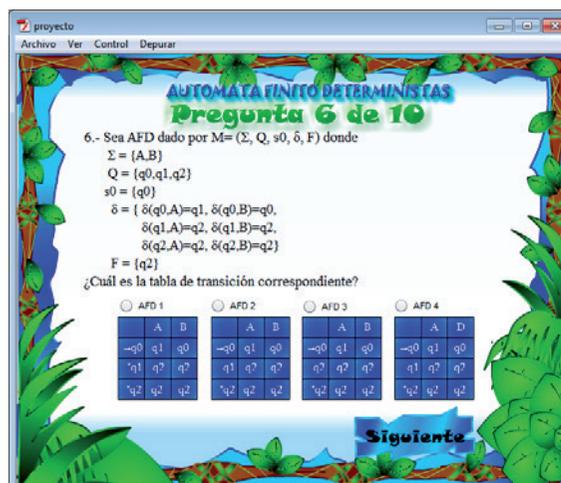


Figura 7. El módulo de evaluaciones.

## 5 Pruebas y resultados

Hasta el momento se ha distribuido el material a un grupo de 20 estudiantes que inscribieron la asignatura en el

semestre agosto-diciembre 2013. Ellos lo han utilizado y, quienes voluntariamente así lo desean, proporcionan su opinión acerca del material a través de una encuesta que se encuentra disponible junto con el software descrito en un directorio de acceso público de la Universidad. El instrumento aplicado se basa en el cuestionario diseñado por Hernández et. al [Hernández12].

La Tabla 1 incluye los resultados obtenidos hasta el momento con la opinión de 12 estudiantes empleando la escala de Likert de 5 puntos.

Adicionalmente, los comentarios externados son los siguientes:

- Excelente software para el aprendizaje del tema, es entendible y agradable la forma de usarlo.
- Hay algunos errores en las actividades y preguntas de la evaluación.
- Pequeños problemas para inicializar el programa. Se usaron varios reproductores y sólo se logró abrir con Internet Explorer.

Tabla 1. Opinión de los estudiantes respecto a la usabilidad del software.

Aspecto a evaluar	Media (1 a 5)
Recomendaría el software	4
Dificultad elevada de contenidos	3,4
Se me informa de mi progreso	2,8
Claridad del objetivo	4,8
Claridad de la parte teórica	4,6
Actividades claras y significativas	4,2
Empleo adecuado de imágenes	4,4
Empleo adecuado de animaciones	3,8
Colores y diseño adecuados	3,4
Orden y secuencia clara	3,4
Texto conciso y preciso	3,8
Títulos adecuados	4,6
Información bien organizada	3,4

El primer comentario, mencionado por un par de estudiantes, es positivo y alentador. El segundo, condujo a una revisión más minuciosa de las actividades y se corrigieron los detalles que ocasionaban la confusión.

El tercer comentario fue externado por 4 estudiantes y se atribuye a cuestiones técnicas con el software del departamento de tecnologías de la información. Cabe recordar que el software fue desarrollado en Adobe Flash CS5, cuya extensión .swf por lo que se requiere el Adobe Flash Player o algún navegador de internet con soporte para Flash.

Con estos comentarios y los resultados de la Tabla 1, se observa la necesidad de realizar otra iteración en el ciclo de desarrollo de este software.

Por otro lado, los resultados, en cuanto a la utilidad y efectividad del software, se verán reflejados posteriormente, cuando se compare el aprendizaje de las generaciones que lo utilicen como herramienta complementaria en su proceso de aprendizaje de los AFD contra aquellas generaciones que no utilizaron la herramienta.

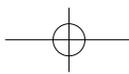
## 6 Conclusiones y trabajos futuros

En la herramienta desarrollada, se exponen los fundamentos teóricos básicos del tema y la parte práctica se aborda por medio de ejercicios interactivos cuya realimentación permite al estudiante observar animadamente los procedimientos. Finalmente, la evaluación permite al estudiante medir su avance en el aprendizaje, para identificar sus fortalezas y debilidades en el tema.

El contenido se planea aumentar e integrar con otros desarrollos realizados a la par para cubrir todo el contenido de la asignatura Teoría de la Computación. La cantidad de actividades y ejemplos también se pretende ampliar, pues la codificación realizada proporciona esta flexibilidad. Se planea crear un banco de ejercicios de donde se generen aleatoriamente las evaluaciones y se pretende incluir un módulo que permita al profesor recibir los resultados obtenidos por cada estudiante, con la opción de considerarlos en el SGA Moodle que se emplea para distribuir los materiales a los estudiantes.

### Referencias bibliográficas

- [Ballesteros09] Ballesteros Martínez M.; Blanes García J.A.; Samer Nabhan Rodrigo: TALFi Una herramienta de aprendizaje para Teoría de Autómatas y Lenguajes Formales, pp. 1 2009.
- [Castro07] Castro-Schez J.J., Del Castillo, E; Hortolano J.: Una herramienta para la enseñanza y aprendizaje de lenguajes formales y teoría de autómatas, XIII Conferencias de la Enseñanza Universitaria en la Informática (JENUI 2007), Teruel, España, 2007.
- [Esmoris03] Esmoris, A., Chesñevar, C., González M. TAGS: A Software Tool for Simulating Transducer Automata. International Journal for Electronical Engineering Education (IJEEE), Vol. 42, No. 4, pp. 338-349. Manchester Univ. Press,UK. October 2005.
- [Gallardo08] Gallardo J.; Belcastro Á.; Belcastro N.; Bilbao M.; Jáuregui R.I.: Elementos iniciales del Sistema de Apoyo al Aprendizaje que permite al alumno enlazar temas examinados en tres asignaturas de la carrera de Informática: Sistema SAAF (Sistema de apoyo al Aprendizaje de Autómatas Finitos, Actas del X Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación p. 795-799, 2008.
- [González12] González, C., Montañez T., Chi V., Miranda C., and González S. (2012). Analysis of subjects with greater difficulty for university students in the area of computer science. IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, Vol.12 No.10 pp. 1-6. October 2012.
- [Hernandez12] Hernández, Y., Silva A. y Velásquez, C. Instrumento de Evaluación para Determinar la Calidad de los Objetos de Aprendizaje Combinados Abiertos de tipo Práctica. Séptima Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías de Aprendizaje LACLO 2012. Vol 3, No 1. 2012.
- [Hopcroft07] Hopcroft, J. E.; Motwani, R.; Ullman, J. D.: Introducción a la teoría de los autómatas, lenguajes y computación, 3a ed. Pearson Educación, 2007.



- [Kelley98] Kelley, D. Automata and Formal Languages: An Introduction. Prentice Hall, 1998.
- [Marciszack06] Marciszack M. M; Vázquez J.C.; Serrano D.J.; Pérez R.: Construcción de herramientas didácticas para la enseñanza y ejercitación práctica en laboratorio de informática teórica en las carreras de informática, pp.3-4, 2006.
- [Marciszack11] Marciszack M.; Paz Menvielle M.A.; Cardenas M.; Pérez R.: Enseñanza de Informática Teórica con herramientas didácticas de soporte, pp.1-2, 2011.
- [Rodríguez08] Rodríguez A.; Castro-Schez J.J.; Ester del castillo: SELFA-Pro: Añadiendo nuevas entidades y funcionalidades para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de TALF, pp.1-4, 2008.
- [SCORM13] Modelo SCORM. Disponible en <http://docs.moodle.org/all/es/SCORM>

