

# UN ENFOQUE DIDÁCTICO PARA EL DICTADO DE INFORMÁTICA TEÓRICA

(XVI Congreso Iberoamericano de Educación Superior en Computación - CIESC 2008)

Ing. Marciszack, Marcelo Martín – [mmarciszack@sisistemas.frc.utn.edu.ar](mailto:mmarciszack@sisistemas.frc.utn.edu.ar)

Ing. Vázquez, Juan Carlos J. – [jvazquez@bbs.frc.utn.edu.ar](mailto:jvazquez@bbs.frc.utn.edu.ar)

Ing. Paz Menvielle, María Alejandra – [paz@bbs.frc.utn.edu.ar](mailto:paz@bbs.frc.utn.edu.ar)

Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información  
Facultad Córdoba – Universidad Tecnológica Nacional  
Ciudad Universitaria, Córdoba 5016, Argentina

## RESUMEN

Los contenidos de informática teórica en carreras de informática no deberían presentar dificultades en cuanto a su transposición didáctica, ya que constituyen, el núcleo central de estudio de su disciplina. Lejos de tal aseveración, los estudiantes presentan dificultad para asimilar estos contenidos ya que los mismos están muy cercanos a la matemática y son fuertemente abstractos, por lo tanto resulta necesario contar con una estrategia didáctica que permita: por un lado, aportar sólidas bases teóricas y por otro, disponer de claros ejemplos de aplicación a la resolución de problemas reales; como son las herramientas para simulación, las implementaciones sobre casos concretos, el desarrollo de algoritmos, entre otros.

Para que los estudiantes logren un aprendizaje significativo de los conceptos de Informática Teórica, se ha elaborado como estrategia didáctica la creación de un conjunto integrado de herramientas didácticas accesibles desde la web, las cuales son utilizadas en los procesos de enseñanza, aprendizaje, posibilitando de esta manera que los estudiantes fijen los contenidos curriculares de teoría de autómatas, gramáticas formales, traducción de lenguajes y compiladores, realizando prácticas efectivas de los mismos, permitiendo además que sea el propio alumno que evalúe el progreso de su aprendizaje mediante el uso de un test de autoevaluación.

Por lo tanto, la estrategia es que el estudiante disponga de un conjunto integrado de herramientas y materiales de estudio, en ambiente web, sentando bases sólidas de conocimientos teóricos, con una gran ejercitación y aplicabilidad de los mismos, permitiendo autoevaluar sus conocimientos teóricos y prácticos a través de simuladores y test de autoevaluación.

**Palabras Claves:** Informática Teórica, Máquinas abstractas, Gramáticas Formales, Autómatas, Estrategias didácticas

## 1. INTRODUCCION

Los contenidos de informática Teórica, incluidos en el núcleo común de las carreras con informática tales como lenguajes y gramáticas formales, teoría de autómatas, traducción de lenguajes, máquinas computadoras teóricas, y compiladores son difíciles de relacionar por los estudiantes, por su naturaleza matemática y fuertemente abstracta.

Además los estudiantes efectúan prácticas de diseño de máquinas abstractas, sin contar con herramientas para la experimentación en computadora y exploración de contenidos, que les permita en forma clara aplicarlos en la resolución de problemas reales. Esta dificultad manifiesta de relacionar la teoría y sus posibles aplicaciones, se ha advertido en los rendimientos durante las evaluaciones de los mismos.

Para poder asimilar en forma completa estos contenidos, consideramos que se deben realizar prácticas efectivas de los mismos utilizando simuladores de máquinas abstractas, estudiando su funcionamiento y los algoritmos de las herramientas respectivas. Es necesario además que el educando pueda, explorar estos conocimientos y mediante un simulador de evaluaciones de contenidos teóricos, el que incluye en ambiente web la generación de un instrumento de

evaluación automatizado que basado en un repositorio de preguntas y respuestas, le permita en forma aleatoria generar un test de autoevaluación. La importancia de una completa asimilación de estos contenidos, radica en que los mismos no sólo tienen efectiva aplicabilidad en la construcción de compiladores, sino en temas tan diversos dentro de la disciplina informática como son la ingeniería de requerimientos o programación de dispositivos móviles y embebidos.

La dificultad manifiesta de relacionar la teoría y sus posibles aplicaciones, se ha advertido durante el dictado de los contenidos y se pone en evidencia en el proceso de evaluación.

Existe una gran cantidad de bibliografía y herramientas de software para el estudio de estos temas, pero las mismas los abordan en forma parcializada, sin integración adecuada, con diferentes nomenclaturas y con definiciones dispares, por lo que no resultan didácticamente adecuadas para llevar adelante el proceso de enseñanza-aprendizaje, sin permitir la correcta transposición de los contenidos teóricos en aplicaciones de la realidad.

En este proyecto, se busca además, lograr profundo conocimiento teórico y práctico, de las técnicas y herramientas conceptuales de la Informática Teórica relacionadas con la construcción de compiladores, e involucrar a alumnos en el estudio y la investigación de temas fundamentales de su carrera.

Los aspectos teóricos, para el abordaje de la temática planteada, están muy difundidos y son bastante generalizados: sobre los contenidos de informática Teórica, es completo lo publicado en [1] [2] [3] [4] [5] [6], pero los mismos no se ajustan en lo didáctico, para ser transferido en forma directa a los alumnos en una carrera de grado en informática.

En la web, existen varios sitios en donde se pueden acceder a simuladores, generalmente la mayoría de ellos son únicamente para máquinas de Turing en donde, de acuerdo a la bibliografía de origen, varían en la definición formal de sus componentes. Por lo tanto, para lograr un aprendizaje significativo y de esta manera asimilar en forma completa los contenidos curriculares de teoría de autómatas, gramáticas formales, traducción de lenguajes y compiladores impartidos en la asignatura sintaxis y semántica del lenguaje, se debe elaborar una estrategia didáctica para la enseñanza de los contenidos, en base a una nomenclatura uniforme que permita en forma unívoca, la representación de los temas abordados.

En resumen, en este trabajo se propone construir un conjunto de herramientas disponibles para ejecutar desde la web “simuladores” que le permitan al alumno realizar una práctica efectiva, utilizando estos simuladores de máquinas abstractas, estudiando y comprendiendo el funcionamiento de los programas fuente de los

simuladores, y en todo momento poder autoevaluar sus aprendizajes.

## 2. OBJETIVO GENERAL

El objetivo de este trabajo es lograr que los estudiantes fijen los contenidos curriculares de teoría de autómatas, gramáticas formales, traducción de lenguajes y compiladores, realizando práctica efectiva de los mismos en simuladores de máquinas abstractas, estudiando el funcionamiento y los programas fuente de los simuladores, permitiendo modificaciones que agreguen nuevas funcionalidades y para optimizar su funcionamiento.

### Objetivos Específicos

**Cognitivos:** lograr profundo conocimiento teórico y práctico, de las técnicas y herramientas conceptuales de la informática teórica, relacionadas con la construcción de compiladores, con el reconocimiento general de patrones, la programación automática desde una especificación formal, la traducción de códigos y los modelos de computación lineal e introducimos a los modelos paralelos.

**Académicos:** Generar un marco, para la enseñanza-aprendizaje de la informática teórica y propender a la actualización constante de contenidos involucrando a alumnos en el estudio serio y la investigación de temas fundamentales de su carrera.

## 3. METODOLOGÍA

Nos basamos en el Modelado UML, y la programación extrema (XP) como metodología de desarrollo, con amplia aplicación del modelo incremental; en la construcción de los simuladores adoptamos un lenguaje de programación de última generación, Java, utilizado por la mayoría de los estudiantes de las carreras de informática.

Para abordar los contenidos de manera de facilitar el aprendizaje de los alumnos, se define la arquitectura y el modelo orientado a objetos vinculado a los simuladores; como también la construcción del sitio Web donde se encuentran disponibles los simuladores para que los alumnos realicen las prácticas; conjuntamente con material teórico, práctico y de evaluación sobre los contenidos de la asignatura.

Para la construcción de los simuladores, que son el objeto del presente trabajo, se han desarrollado herramientas didácticas para poder ejemplificar y visualizar los conceptos teóricos involucrados en informática teórica. Estas herramientas web, permiten ver los resultados gráficamente en un applet, expresado como XML, o bien de manera web.

Los simuladores de gramáticas permiten definir las mediante los alfabetos de símbolos terminales y no terminales, el axioma y el conjunto de producciones; los usuarios podrán cambiar los componentes que define la gramática, y visualizarlas en un grafo, en un XML o en notación formal.

El simulador permite identificar el tipo de gramática, identifica símbolos superfluos terminales y no terminales, símbolos inaccesibles, permitiendo limpiar la gramática o indicar si se encuentra en una Forma Normal. En los casos de gramáticas regulares y dependientes del contexto, se generará el autómata correspondiente.

En los simuladores para autómatas nos enfocamos en los autómatas finitos y los autómatas a pila, que son los de más relevancia en la etapa de análisis dentro de un compilador.

Estos simuladores permiten explorar, pudiendo ingresar y modificar los componentes que los definen, los alfabetos (de entrada, de salida, y de pila) el conjunto de estados, el conjunto de estados finales, el símbolo inicial, y el conjunto de transiciones.

En ambos casos procuramos poder reconocer si una palabra pertenece a un lenguaje generado por una gramática y si puede ser aceptado por un autómata.

También podremos pasar un autómata a una gramática, de acuerdo a su tipo, y también realizar el proceso inverso; de ésta manera se entiende el isomorfismo entre las gramáticas y los autómatas.

Al poder los alumnos visualizar una aplicación práctica de los contenidos, y poder simular la ejecución de autómatas finitos, con pila, gramáticas formales y su isomorfismo, de manera que ellos mismos evalúen las soluciones a los problemas planteados en las clases prácticas, es de esperar que los conocimientos y habilidades adquiridas, sean realmente significativas y eleven su desempeño en el cursado de Informática Teórica.

#### 4. DESARROLLO

Para la realización de este trabajo se utilizó el método científico, con la aplicación de un desarrollo experimental, el cuál comenzó con la recolección del

material sobre este temática que se encuentra publicado, continuando con la selección y clasificación del mismo.

Se procedió a la unificación de la nomenclatura y simbología utilizada.

Se estableció la estrategia didáctica para abordar los contenidos de manera de facilitar el aprendizaje de los alumnos incluyendo la estructura del sitio web se incluyen todos los contenidos teóricos, ejercitación práctica y las herramientas de simulación para que los alumnos realicen las prácticas, y la evaluación de sus aprendizajes.

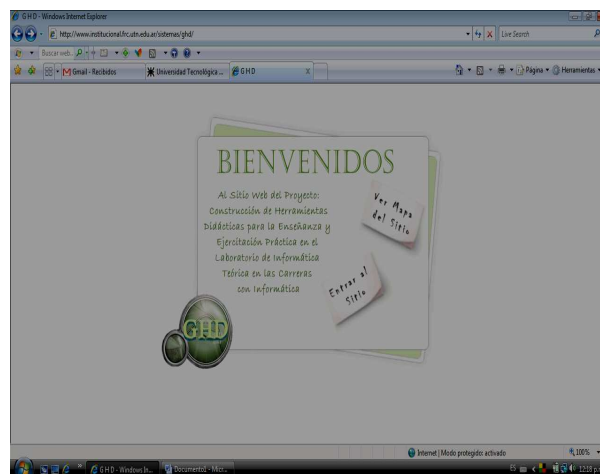
#### 5. PRODUCTOS CONSTRUIDOS

En esta sección detallaremos las características esenciales de los productos construidos:

##### Sitio Web

Donde se puede acceder en forma integrada a todos los contenidos teóricos, conjuntamente con la correspondiente ejercitación práctica con ejercicios resueltos y a resolver por los alumnos. Conjuntamente con los links para acceder a los simuladores y test de evaluación.

##### **Pantallas de acceso Sitio Web**





El sitio web puede ser accedido desde la dirección [www.institucional.frc.utn.edu.ar/sistemas/ghd](http://www.institucional.frc.utn.edu.ar/sistemas/ghd)

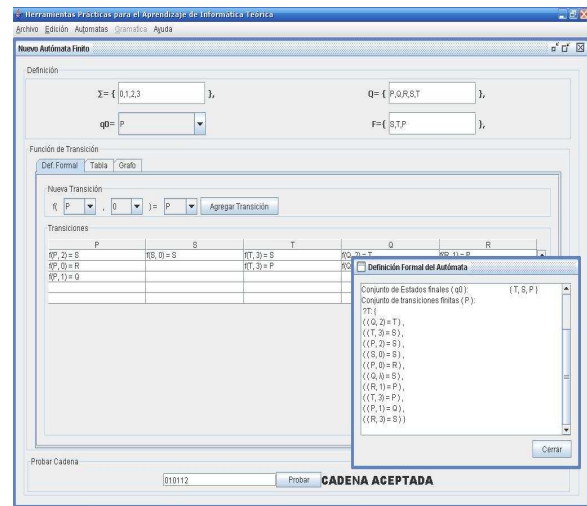
### Herramientas de Simulación

Para la ejercitación práctica de los contenidos, se desarrollaron las siguientes herramientas:

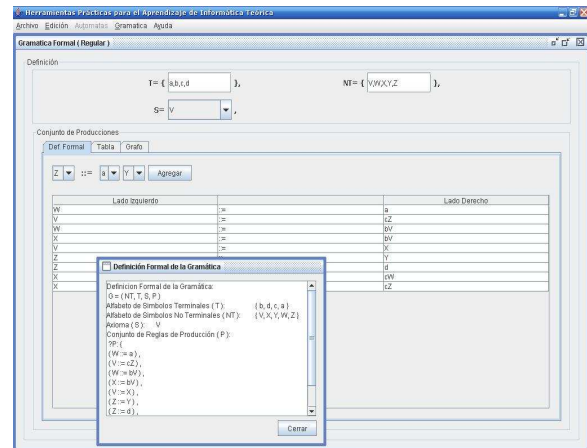
- Generadores de gramáticas formales con la correspondiente ejercitación práctica.
- Simuladores de autómatas finitos, con pila, linealmente acotados y máquina de Turing, para que los alumnos evalúen sus soluciones a los problemas planteados en las clases prácticas.
- Generador de analizadores léxicos a partir de una gramática regular que muestre la generación automática de código desde una especificación formal y las distintas formas de tratar con el no determinismo del autómata finito obtenido: conversión a autómata finito determinista, búsqueda en árboles generados por estados posibles y procesamiento en paralelo de los distintos caminos deterministas generados por el no determinismo del autómata.

A continuación se muestran pantallas de los simuladores de Autómatas finitos y Gramáticas, con los que los alumnos pueden realizar simulaciones y ejercitar.

### Simulador de Autómatas Finitos



### Simulador para Gramáticas Formales



### Test de Autoevaluación

Si bien existen un gran cantidad de herramientas para confeccionar cuestionarios de evaluación de aprendizajes (incluidas en plataformas para e-learning, incluso gran cantidad de ellas de software libre), se construyó una herramienta de manera de poder ser integrada al sitio y que cumpliera con funcionalidades adicionales como ser el de poder generar en forma aleatoria el instrumento de evaluación con las siguientes particularidades: Definir cantidad de preguntas por cada unidad temática y subtemas a incluir en el cuestionario de evaluación, selección aleatoria de los diferentes enunciados para una misma pregunta, selección aleatoria de opciones correctas e incorrectas dentro de un conjunto de opciones dentro de

cada pregunta, cantidad de opciones correctas que puede tener una pregunta y permitir valorizaciones diferenciadas para cada pregunta.

Esto permite entre otras cosas la imposibilidad de que un instrumento resulte igual a otro ya practicado por el alumno.

A continuación se muestran algunas pantallas generadas por la herramienta de autoevaluación.

## Para Generación del Instrumento

En esta pantalla, el Docente, luego de haber ingresado el conjunto de preguntas, con sus diferentes enunciados y opciones de respuestas correctas e incorrectas, puede configurar diversos parámetros, como ser: Selección de contenidos de las unidades temáticas y dentro de estas los sub-temas a incluir en el cuestionario en forma conjunta con la cantidad de preguntas, cantidad de opciones por preguntas, y opciones de valorización de las mismas

Ámbito	Selec.	Disp.	Autom.
Carrera: Inq. en Sistemas de I.	<input type="radio"/>	110	Tot. Carr. 0
Materia: Sintaxis y Semántica	<input checked="" type="radio"/>	110	Selec. <input type="checkbox"/>
Unidad: Lingüística materna 2	<input type="radio"/>	0	Selec. <input type="checkbox"/>

## Instrumento generado

A continuación se muestra parcialmente la visualización de un cuestionario generado por el test de autoevaluación para el alumno, en donde se evidencia la simplicidad para contestar las preguntas por parte del alumno.

**Usuario: csn**

1 - Dada una DTC se dice que la misma está limpia si no tiene símbolos:  
 Superfluos, inaccesibles ni reglas transitorias  
 Superfluos, inaccesibles ni reglas de redeterminación  
 Superfluos, inaccesibles ni reglas innecesarias

2 - Una HT Universal es capaz de reconocer:  
 Algunas de las cadenas que es capaz de reconocer una HT convencional  
 Las mismas cadenas que es capaz de reconocer una HT convencional  
 Cadenas que no están al alcance de una HT convencional

3 - Una Sentencia en diferencia de una Forma Sentencial es que en la primera:  
 Todos sus símbolos pertenecen al alfabeto de terminales  
 Todos sus símbolos son una combinación de símbolos terminales y símbolos no terminales  
 Todos sus símbolos pertenecen al alfabeto de no terminales

4 - Los criterios de medición de complejidad temporal en una máquina RAN son:  
 Espacial y logarítmico  
 Costo uniforme y exponencial  
 Costo uniforme y logarítmico

5 - La descripción instanciada de un Automata o Pila se define por la terna (q, w, Z) donde:  
 q es el estado, w es la cadena de entrada que resta por leer y z es el símbolo de la cima de la pila  
 q es un estado de aceptación, w es la cadena de entrada y z es el contenido de la pila

## 6. IMPACTO DEL TRABAJO

Además de cumplir con los objetivos generales, como es el de facilitar los procesos de enseñanza-aprendizaje de los contenidos de informática teórica, se pretende que las buenas prácticas adquiridas en los primeros momentos de la formación, impacten a futuro en el desarrollo de la industria de software, que en la actualidad es una potencial fuente de ingresos para los desarrollos regionales de una industria intelecto-intensiva como lo es nuestra disciplina.

Todo el conocimiento que se pueda lograr sobre estos temas, contribuye directa o indirectamente al desarrollo tecnológico de software, al desarrollar en nuestros alumnos mejores prácticas en lo que se refiere a la construcción de software, fomentando su utilización, desde los inicios en la formación académica, con la utilización de métodos formales, y la aplicación de técnicas de calidad en la construcción del mismo.

## 7. RESULTADOS

Estas herramientas, aunque aún en proceso de desarrollo y continuo agregado de nuevas funcionalidades, durante el ciclo 2007 han sido puestas en práctica sobre un conjunto de alumnos, mas precisamente en la comisión 2K4 en el dictado de la asignatura Sintaxis y Semántica del Lenguaje de la carrera de grado de Ingeniería en Sistemas de Información en la Facultad Regional Córdoba de la Universidad Tecnológica Nacional, estando disponibles desde un primer momento los contenidos teóricos, ejercitación práctica, las herramientas construidas, y el test de autoevaluación. El sitio El sitio web, alojado en la intranet de la Facultad Regional Córdoba, a modo de prueba piloto para este conjunto de alumnos, se hará

efectivo para todas las comisiones en ciclos lectivos posteriores

Si bien, no ha estado completamente implementado al inicio del ciclo lectivo, ya que durante el desarrollo del dictado de la asignatura, se han introducido cambio y nuevas funcionalidades, se evidencia que el resultado obtenido ha sido satisfactorios, desde las siguientes dimensiones de análisis: la primera, que resulta subjetiva ya que no existen parámetros que de medición que la justifiquen, es que se ha reflejado con respecto a ciclos anteriores que los alumnos se encuentran mas motivados al poder verificar con los simuladores sus ejercitaciones, y la segunda que si es verificable, ya que aplicar la misma metodología de evaluación, durante el mismo período y sobre idénticos contenidos al efectuar una comparación de los rendimientos académicos con ciclos lectivos anteriores, el promedio de las calificaciones obtenidas por los estudiantes se ha visto incrementado en algo superior a un punto en una escala de diez.

### Datos Relevados de cursado

A continuación se muestra tabla en donde se puede establecer los diferentes rendimientos sobre el cursado de la asignatura, en el ciclo lectivo 2007 donde se aplicó este recurso didáctico, con otros 4 ciclos anteriores.

Sintaxis y Semántica del Lenguaje – Curso 2K4					
Año	1 PT	1 PP	2 PT	2 PP	Prom. Pond.
2007	7,58	7,75	7,70	7,30	7,58
2006	6,92	6,61	6,72	6,00	6,57
2005	6,97	5,76	6,74	7,16	6,65
2004	6,45	5,39	7,64	7,27	6,68
2003	6,15	6,04	6,61	6,43	6,30

Estas mediciones serán ratificadas o rectificadas cuando finalice el desarrollo del ciclo lectivo 2008, donde las herramientas didácticas hayan estado disponibles para los todos los alumnos de todas las comisiones, en el dictado de la asignatura.

### 8. CONCLUSION

Las herramientas desarrolladas, que se encuentran en etapa de prueba, junto con los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura puestos a disposición de los alumnos en un sitio web, se han comenzado a utilizar en forma satisfactoria ya que los alumnos han evidenciado aplicación práctica de los contenidos teóricos, han podido verificar los resultados de la ejecución de los prácticos, y han podido autoevaluar sus aprendizajes previamente a la instancia de evaluación.

La prueba piloto realizada durante el 2007 nos permitió detectar correcciones, las cuales han sido introducidas para facilitar la comprensión por parte de los alumnos. Estas modificaciones introducidas completarán las herramientas de simulación con el agregado de pantallas de gráficos que permitan en forma visual observar la ejecución de las mismas.

Finalizado el ciclo lectivo 2008 se efectuará una nueva medición global, a la cuál adicionalmente se les aplicarán los test de evaluaciones como instrumento predictivo, permitiendo detectar temas de mayor dificultad de manera de efectuar correcciones en el dictado y producir de esta manera una mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

### Agradecimientos

A la Agencia Córdoba Ciencia y a las autoridades de la Facultad Regional Córdoba de la Universidad Tecnológica Nacional, el subsidio y apoyo para la realización del proyecto.

### 9. BIBLIOGRAFIA

- [1] J. E. Hopcroft / Rajeev Motwani / Jeffrey D. Ullman (2002), Introducción a la Teoría de Automatas Lenguajes y Computación, Addison-Wesley P. C.[2] J. Glenn. Brookshear (1993), Teoría de la Computación, Addison-Wesley Iberoamericana
- [3] Dean Kelley (1995), Teoría de Automatas y Lenguajes Formales, Prentice Hall
- [4] P. Isasi / P. Martínez / D. Borrajo (1997), Lenguajes, Gramáticas y Automatas, Addison-Wesley
- [5] Martin, John C. (1991) Introduction to Languages and the Theory of Computation. Mac. Graw-Hill
- [6] Fernández, G.; Sáez Vacas, F. (1995) Fundamentos de Informática, Lógica, Automatas, Algoritmos y Lenguajes", Anaya Multimedia, Madrid.