

**CONSTRUCCIÓN DE HERRAMIENTAS DIDÁCTICAS
PARA LA ENSEÑANZA Y EJERCITACIÓN PRÁCTICA EN LABORATORIO
DE INFORMÁTICA TEÓRICA EN LAS CARRERAS CON INFORMÁTICA**
(Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación – WICC 2006)

Ing. Marciszack, Marcelo Martín – mmarciszack@sistemas.frc.utn.edu.ar
Ing. Juan C. Vázquez – jvazquez@bbs.frc.utn.edu.ar
Serrano, Diego Javier – dserrano@bbs.frc.utn.edu.ar
Pérez, Ramiro – rapez@hotmail.com

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

RESUMEN

Para poder impartir conocimientos de informática teórica, es necesario contar con un conjunto de herramientas didácticas (simuladores, casos reales de aplicación, programas fuentes, material de estudio, entre otros) que permitan centrarnos en los problemas disciplinares, aportando sólidas bases teóricas y claros ejemplos de aplicaciones a la resolución problemas reales.

Los estudiantes presentan dificultad para asimilar estos tópicos ya que los mismos están muy cercanos a la matemática y son fuertemente abstractos. Concientes de que estamos preparando *futuros profesionales*, nuestra preocupación es la de mostrar claramente la aplicabilidad de estas herramientas conceptuales, no sólo a la construcción de compiladores (enfoque tradicional de la teoría de los autómatas y lenguajes) sino a la resolución de problemas en general.

Por otro lado, es necesario lograr la integración de conocimientos de Teoría de la Computación, Programación e Ingeniería de Software, permitiendo a los educandos probar sus modelos teóricos, inspeccionar y modificar las herramientas, optimizarlas y analizar su complejidad, alcanzando de esta forma un aprendizaje significativo.

Por lo tanto nuestro esfuerzo, está orientados al desarrollo de estas herramientas y materiales de estudio,

sentando bases sólidas de conocimientos teóricos, con una gran ejercitación y aplicabilidad de los mismos.

Palabras Claves: Informática Teórica, Máquinas abstractas, Gramáticas Formales, Autómatas, Compiladores

1. INTRODUCCION

Los contenidos de informática Teórica, incluidos en el núcleo común de las carreras con informática, son brindados en la carrera de Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional FRC, por la asignatura Sintaxis y Semántica del Lenguaje (SSL).

Tales contenidos son: lenguajes y gramáticas formales, teoría de autómatas, traducción de lenguajes, máquinas computadoras teóricas, computabilidad, complejidad y compiladores.

Los tópicos abordados son difíciles de asimilar por los estudiantes, ya que los mismos están muy cercanos a la matemática y son fuertemente abstractos.

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.

Los estudiantes efectúan prácticas de diseño de máquinas abstractas, sin contar con herramientas para la experimentación en computadora, que muestren a los estudiantes en forma clara la aplicabilidad de los contenidos teóricos para la resolución de problemas reales. Esta dificultad manifiesta de relacionar la teoría y sus posibles aplicaciones, se ha advertido en las evaluaciones parciales y finales de la asignatura.

Otra dificultad con la que se enfrentan los estudiantes, es que al recurrir al material de estudio desde distintas fuentes bibliográficas, estas abordan los contenidos de manera diferentes y con nomenclaturas que confunden al estudiante y dificultan el aprendizaje.

Para poder asimilar en forma completa los contenidos curriculares de la asignatura SSL, deben realizar práctica efectiva de los mismos utilizando simuladores de máquinas abstractas, estudiando el funcionamiento y los programas fuente de los simuladores, de un generador de analizadores léxicos y de un generador de analizadores sintácticos, herramientas que estarán construidas utilizando Lenguajes de programación avanzados.

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

Este proyecto tiene como objetivos lograr profundo conocimiento teórico y práctico, de las técnicas y herramientas conceptuales de la Informática Teórica relacionadas con la construcción de compiladores, actualizar la currícula de las materias relacionadas con esta temática de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información, propender a la actualización y al perfeccionamiento docente 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, esta muy difundida y es bastante generalizada: sobre la teoría de autómatas y lenguajes formales, es completo lo publicado en [1] [2] [3] [4] [8] [10], con respecto y específicamente a la aplicabilidad en el modelo abstracto sobre la máquina ram [5] [6]. Con respecto a lo publicado sobre la utilización de técnicas y herramientas para la construcción de compiladores [7] [8] [9], es variado y extenso, 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. Se deberá 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, de los generadores de analizadores léxicos y de un generador de analizadores sintácticos.

El presente proyecto tiene una incidencia directa en la generación de conocimientos, ya que como resultado, se generará material de uso didáctico que proveerá un amplio beneficio, para docentes y alumnos, ya que todo el desarrollo de este proyecto estará disponible para la enseñanza de los contenidos de informática Teórica en carreras con informática.

2. OBJETIVO GENERAL

El objetivo del proyecto es lograr que los estudiantes fijen los contenidos curriculares de teoría de autómatas, gramáticas formales, traducción de lenguajes y compiladores impartidos en la asignatura SSL, realizando práctica efectiva de los mismos en simuladores de máquinas abstractas, estudiando el funcionamiento y los programas fuente de los simuladores, de un generador de analizadores léxicos y de un generador de analizadores sintácticos, herramientas éstas construidas utilizando lenguajes de programación avanzados.

Además, se alentará la conformación de grupos de trabajo para la experimentación en laboratorio con los programas fuentes de las herramientas, permitiendo modificaciones que agreguen nuevas funcionalidades y para optimizar su funcionamiento.

Como beneficios adicionales, las herramientas y su documentación estarán desarrolladas en idioma español y los estudiantes y docentes de SSL tomarán un primer contacto con las últimas tecnologías de desarrollo de productos informáticos.

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 introducirnos a los modelos paralelos.

Académicos: actualizar la currícula de las materias relacionadas con esta temática de la carrera de ingeniería en sistemas de información, propender a la actualización y al perfeccionamiento docente e involucrar a alumnos en el estudio serio y la investigación de temas fundamentales de su carrera.

3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este proyecto de investigación se utilizará el método científico, con la aplicación de un desarrollo experimental, el cuál comenzará con la recolección del material sobre este temática que ya se encuentra publicado, continuando con la selección y clasificación del mismo, y se procederá a la unificación de la nomenclatura y simbología utilizada. Posteriormente se definirá el lenguaje de programación a utilizar para la construcción de los simuladores, capacitando a todo el grupo de trabajo en el lenguaje de programación adoptado.

Se establecerá la estrategia didáctica para abordar los contenidos de manera de facilitar el aprendizaje de los alumnos. Se definirá la arquitectura y el modelo orientado a objetos, para construir los simuladores, y se determinará la estructura para la construcción del sitio web del proyecto en donde estarán disponibles los simuladores para que los alumnos realicen las prácticas, conjuntamente con el material teórico de estudio sobre los contenidos de la asignatura.

Se definirá en forma precisa y exhaustiva un modelo teórico, la máquina de acceso aleatorio (RAM), el cuál servirá de guía para la aplicación práctica de los conceptos teóricos en referencia a la construcción de un compilador para tal modelo. Luego éste modelo teórico será adecuado para poder ser implementado en un computador real, analizando las implicancias en lo referente a lo que el poder de cálculo se refiere. Con la definición del modelo teórico resultante adecuado a una implementación práctica en un computador, se seguirán todo del pasos en el diseño de un compilador para este lenguaje, esto es la definición formal de su gramática, realización de un generador de analizadores léxico a través de una gramática formal (solo existen en la actualidad a través de expresiones regulares), a continuación y previo a la realización de analizador sintáctico se debatirá las ventajas de las conveniencias de la normalización de las gramáticas en formas normales ya sean en FNC o FNG, y su implicancia en la determinación de la construcción de la máquina abstracta (autómata de pila) a través de los analizadores sintácticos LL(k) o LR(k).

Para la concreción de todas las actividades anteriores, será necesario la construcción de simuladores, que son el objeto de este proyecto, que se constituirán en herramientas didácticas para poder ejemplificar y visualizar los conceptos teóricos de la asignatura sintaxis y semántica del lenguaje, con un enfoque real de aplicación práctica como lo es la construcción de un compilador para un lenguaje determinado.

4. RESULTADOS ESPERADOS

Los contenidos Teóricos, junto con las herramientas desarrolladas, estarán a disposición de los alumnos para que efectúen simulaciones de manera que logren un aprendizaje significativo de los conceptos teóricos.

Estas herramientas estarán presentadas en la web, y se ejemplificará su utilización a través de un ejemplo real de aplicación con es la construcción de un compilador académico para la máquina abstracta RAM (Máquina de acceso aleatorio).

Al poder los alumnos visualizar una aplicación práctica de los contenidos, y poder simular la ejecución de autómatas finitos, con pila, linealmente acotados y máquina de Turing, 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 el rendimiento en el cursado y aprobación de la asignatura.

5. PRODUCTOS A CONSTRUIR

Página Web, con los contenidos teóricos de la asignatura, y para la ejercitación práctica de los contenidos, las siguientes herramientas:

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.

Generador de analizadores sintácticos LL(k) y LR(k) desde la especificación de un lenguaje según su gramática libre de contexto. Aquí, la técnica para atacar el no determinismo del autómata con pila, isomorfo con la gramática del lenguaje, será la de pre-análisis de profundidad k-ésima de la cadena de entrada.

6. IMPACTO DEL PROYECTO

El software como producto, está actualmente siendo en nuestro país como una potencial fuente importante de ingresos por exportaciones y el desarrollo de una industria intelecto-intensiva como ésta, que abra posibilidades laborales a nuestros profesionales informáticos, es una aspiración aún en vías de desarrollo.

Todo el conocimiento que se pueda lograr sobre estos temas, contribuye directa o indirectamente a estos objetivos socio-económicos del país y las Empresas nacionales de desarrollo tecnológico de software.

El éxito de este proyecto, será el de proveer al mercado informático de 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.

En forma Directa, las herramientas producto de este proyecto serán utilizadas por aproximadamente 700 estudiantes anuales que cursan SSL en diez cursos de la Carrera de Ingeniería en Sistemas de Información en la Facultad Córdoba de la UTN. Además, serán puestas a disposición de toda la comunidad a través de la Web

7. GENERACION DE CONOCIMIENTO

Este proyecto se inscribe como un programa de investigación sobre temas de Informática Teórica y Aplicada, en el Departamento de Ingeniería de Sistemas de Información de la Facultad Córdoba de la Universidad Tecnológica Nacional; este programa promueve en el cuerpo docente la investigación de temas relacionados a la carrera y su permanente actualización en la temática planteada.

Tendrá una incidencia directa en la generación de conocimientos, ya que como resultado, se generará material de uso didáctico que proveerá un amplio beneficio, para docentes y alumnos, ya que todo el desarrollo de este proyecto será transferido a la Cátedra de Sintaxis y Semántica del Lenguaje.

Además se prevee la participación de alumnos avanzados de la carrera de Ingeniería en Sistemas de información y de recientes egresados, que inician de esta manera su formación en investigación científica y tecnológica.

8. IMPORTANCIA DEL PROYECTO

Con la ejecución de este proyecto, no solo se pretende organizar y unificar la nomenclatura del material para el dictado de la asignatura, presentarlo en forma didáctica, posibilitando a los alumnos la práctica efectiva de los mismos, de manera de lograr mayor eficiencia en el cursado de la asignatura.

También se persigue la actualización de todos los docentes y auxiliares integrantes de la cátedra Sintaxis y Semántica del Lenguaje, provocando además, una actualización en el desarrollo de aplicaciones con lenguajes y técnicas de modelado actualizadas. Una vez construidas estas herramientas, y logrado un acabado conocimiento teórico y práctico, de las técnicas y herramientas de la informática teórica, quedarán sentadas las bases para la aplicación efectiva en el reconocimiento de patrones, la traducción automática a partir de una especificación formal, estudio de los modelos de computación lineal, e introducirnos en los modelos paralelos.

9. BIBLIOGRAFIA

[1] J. E. Hopcroft / Rajeev Motwani / Jeffrey D. Ullman (2002), Introducción a la Teoría de Autómatas 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 Autómatas y Lenguajes Formales, Prentice Hall

[4] P. Isasi / P. Martínez / D. Borrajo (1997), Lenguajes, Gramáticas y Autómatas, Addison-Wesley

[5] Alberto Bertoni / Giancarlo Mauri / Nicoleta Sabadini (1981) A Characterization of the class of Functions computable in Polynomial time on Random Acces Machines, ACM pp. 168-176

[6] Nader Bshouty (1993), On the Complexity of Functions for Random Access Machines. Journal of the Association for Computing Machinery, Vol 40 Nº 2 pp. 211-223

[7] V. Aho / R. Sethi / J. D. Ullman (1997), Compiladores: principios, técnicas y herramientas, Addison-Wesley

[8] Martin, John C. (1991) Introduction to Languages and the Theory of Computation. Mac. Graw-Hill

[9] Karen A. Lemone (1996), Fundamentos de Compiladores, CECSA

[10] Fernández, G.; Sáez Vacas, F. (1995) Fundamentos de Informática, Lógica, Autómatas, Algoritmos y Lenguajes", Anaya Multimedia, Madrid.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Agencia Córdoba Ciencia el subsidio al proyecto y a las autoridades de la Facultad Córdoba de la UTN por su apoyo en el mismo.