

# “PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE CÁLCULOS ESTRUCTURALES PARA PROGRAMAS CAD”, USO DE HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS EN LA ENSEÑANZA DEL CÁLCULO ESTRUCTURAL EN LA FACULTAD DE ARQUITECTURA

## Responsable:

**Marcelo Payssé**

paysse@farq.edu.uy

## Autores:

**Magela Bielli**

magela@farq.edu.uy

**Juan Pablo Portillo**

jpportillo@farq.edu.uy

## Asesor de estructuras:

**Fernando Rischewski**

asfr@adinet.com.uy

Universidad de la República – Facultad de Arquitectura:

Br. Artigas 1031 tel. (598 2) 400 11 06

Montevideo – Uruguay

<http://www.farq.edu.uy>

## Abstract

*This paper describes the implementation of Automated Structural Calculations For CAD Programs. We aim to develop a newly conceived software prioritizing the analysis and structural design in the conceptual aspect, linking the calculation with the usual graphic procedures by means of a specific application for local education methodology, that will be intellectual property of our University. It refers the methodology applied in the implementation of the program and the pedagogical aspect we considered.*

*The software is developed as a macro programmed in open source code (Visual Basic Application) with data-input and data output generated in AutoCAD 2000.*

*The specific objectives are: to obtain significant improvements in the habitual resolution standards of complex exercises, to obtain suitable software with free distribution for academic purposes with minimum costs and develop an adequate instrument to the specific architects' work modality in our faculty.*

**Key words:** *architecture, academic experiences, structural calculation, structural representation.*

## 1. Antecedentes

Los cambios acelerados en las formas de relación surgidos de la informática exigen desarrollar nuevas habilidades aplicables al proceso de aprendizaje que abren nuevos horizontes a la hora de replantearse las metodologías de la educación.

El presente trabajo constituye uno de los pasos iniciales que debe dar nuestra facultad para incorporar la informática en el proceso pedagógico como una posible contribución al problema de masificación de la enseñanza.

Dicho proceso de integración se plantea en etapas crecientes:

- Integrar herramientas informáticas en la realización de cursos curriculares
- Integrar la web (Internet) como medio de intercambio docente-alumno (descarga de material teórico y práctico, consultas a docentes, etc.)
- Creación de un ambiente de educación a distancia que incluya páginas interactivas.

Nuestro equipo está finalizando el desarrollo del Proyecto De Automatización De Cálculos Estructurales Para Programas CAD, que se inscribe dentro de la primera etapa de avance de las tres anteriormente referidas. En esta ponencia describire-

mos los objetivos, componentes, e impacto esperado con la introducción de esta herramienta de cálculo en los cursos de Estabilidad de las Estructuras.

La aplicación integra en un solo producto las diferentes teorías de cálculo dadas en módulos independientes en los distintos cursos de Estabilidad en Facultad, vinculando diversos conceptos teóricos fundamentales en un ambiente de alto potencial comunicativo y de representación como son los sistemas CAD.

### 1.1. Marco situacional

Observando la creciente situación de masificación vigente en la universidad en general y en nuestra facultad en particular, que no ha sido acompañada por el correspondiente crecimiento en la asignación de recursos, apostamos a la informática como un nuevo espacio de relación pedagógica.

No entendemos estas nuevas formas de relación como sustitutas o contrapuestas a la forma tradicional de relación docente-alumno. Por el contrario son una herramienta al servicio de la optimización del uso de las escasas horas docentes, así como una adecuación a formas de comunicación contemporáneas.

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivos generales

Implementar mejoras que unifiquen y consoliden los programas de cálculo desarrollados por las cátedras de Estabilidad para priorizar el análisis y diseño estructural en lo conceptual, vinculando el cálculo con la graficación usual mediante una aplicación específica para arquitectos.

Diversos aportes a los cursos de Estabilidad de las Construcciones:

- La jerarquización de la enseñanza de lo conceptual, usándola como herramienta que minimice los tiempos empleados en cálculos repetitivos.
- La posibilidad de concretar con rapidez cálculos que manualmente hubieran sido irrealizables. Se llega por tanto a una simulación más acertada de la realidad.
- La ayuda en la preparación de clases y exámenes.
- Una graficación clara y rápida fácilmente transmisible.

### 2.2. Objetivos específicos

- Lograr la capacidad de resolución de ejercicios de mayor complejidad
- Lograr software adecuado de distribución libre para facultad, con costos mínimos
- Desarrollar un instrumento más adecuado a la modalidad de trabajo específica del arquitecto

Actualmente, cada curso de Estabilidad consta de dos partes complementarias bien diferenciadas: una práctica y una teórica. Se controla la asistencia de estudiantes, pero debido a la masificación existen cupos limitados. Más del 50% del estudiantado da su examen final sin haber tenido una corrección directa del docente. Agilizar ejercicios prácticos liberaría tiempo para profundizar en la complejidad y estudio teórico del cálculo.

Se buscó la permanencia del aporte: se desarrolla una herramienta utilizable tantas veces como se desee sorteando el problema de las licencias de software por ser propiedad de la Universidad. Por tratarse de código accesible por el usuario se permite y se fomenta ulteriores desarrollos más allá de aquellos que implemente nuestro propio equipo de trabajo.

Pretendemos integrar en un mismo proceso las etapas de diseño, cálculo y graficación adecuándonos a los procesos de proyecto y software más habituales. La entrada de datos se realiza tanto en forma gráfica (a partir de la graficación en un programa CAD del prediseño de la estructura según las formas usuales de expresión) como analítica.

El software cumple con los siguientes aspectos:

- Reconocimiento de las formas de cálculo enseñadas en nuestra Facultad.
- Verificación según normas constructivas locales.
- Adaptación a usos constructivos de nuestro país.
- Genera un estrecho vínculo entre el cálculo y un programa CAD, siendo el resultado nativo del mismo.
- Genera gráficos de acuerdo a normas usadas habitualmente en planos y planillas.
- Se desarrolla en un ambiente familiar al estudiante, tanto por el método de cálculo como por la normativa de graficación del mismo.

## 3. Metodología y plan de trabajo

### 3.1. Aspectos pedagógicos

Reconocemos un cambio sustancial en el rol asignado a la informática en las metodologías pedagógicas en la Facultad de Arquitectura.

Se cuenta desde hace tres años con un aula informática, destinada a estudiantes y docentes. Asimismo las cátedras de estabildades promueven crecientemente el uso de computadoras en la resolución de ejercicios.

Existe un camino iniciado hace ya algunos años en nuestra Facultad en el área de cálculo. Éstos antecedentes se iniciaron con la programación de aspectos parciales del cálculo estructural que constituyen el punto de partida de nuestra propuesta. [1] [2]

Existe también software de origen externo que sirve a estos fines. Las versiones manejadas a nivel de nuestras Cátedras, presentan algunas limitaciones: aquellas que se pueden difundir libremente son versiones incompletas de los programas, y no fueron concebidas según la temática de los cursos. El uso y difusión de otras opciones de software existentes en el mercado, se ve limitado por aspectos relativos a licencias y comercialización de las mismas. [3] [4]

Encontramos limitaciones en la aceptación de dichos programas por parte del usuario debido a alguno de los siguientes aspectos:

- No presentan una interfaz amigable y familiar al software y graficación actualmente manejado por los estudiantes.

- La graficación final no constituye uno de sus objetivos específicos.

Por otra parte dichos programas merecen ser mejorados a la luz de los avances actuales en la informática y ser complementados con nuevas prestaciones de los mismos que atiendan a objetivos pedagógicos.

### 3.2. Componentes

Se optó por desarrollar el código mediante macros en VBA (Visual Basic Application) ejecutables desde AutoCAD. Esta elección se justifica en el hecho de que AutoCAD es uno de los software de diseño específicos para nuestra profesión de mayor difusión en nuestro medio, así como VBA es uno de los entornos de desarrollo integrado a AutoCAD, que tiene a su vez amplia difusión en múltiples aplicaciones.

Dichas macros incluyen interfaces de ingreso de datos a través de formularios o capturándolos desde la pantalla. La salida de resultados es tanto a través de archivos de texto como gráficos directamente en formato DWG.

Otro componente que entendemos es imprescindible refiere a la capacitación docente en el uso y difusión del software así como una encuesta de seguimiento destinada a evaluar el desempeño de éste.

Se prevé la elaboración de un "manual de usuario" (deberá estar finalizado al término del proyecto) así como la verificación con grupos testigo y piloto a cargo de cátedras (en el curso inmediato posterior a implementada la programación).

Si bien se trata de un programa de código accesible a todo usuario, se realizará la Tramitación de la propiedad intelectual.

Planteamos el desarrollo del programa en cuatro módulos de cálculo coincidentes con el abordaje temático utilizado por las cátedras de Estabilidades:

- Losas
- Vigas continuas
- Pórticos
- Dimensionado en Hormigón Armado

El programa permite guardar los datos ingresados en un archivo de texto para su posterior reutilización y modificación y automatizar la generación de gráficos.

Dentro de esta área se están desarrollando los siguientes aspectos:

- Diagramas de solicitaciones: momentos, cortantes y axiles
- Esquema estructural
- Planillas de resultados
- Planillas de armaduras

### 3.3. Impacto esperado

- Elevar la capacidad de resolución de los ejercicios propuestos en los prácticos por parte de los estudiantes en un 20%
- Se busca obtener una preferencia de nuestro software entre los estudiantes, mayor a un 51% en relación a otros software similares en el mercado.
- Generar el ambiente propicio para la proliferación de experiencias de desarrollo de software en diversas áreas en nuestra Facultad.

### 3.4. Seguimiento y evaluación

El software será testado por docentes de Estabilidad con el fin de verificar su correcto funcionamiento en la etapa final de implementado el proyecto.

Se realizará una encuesta a estudiantes con el objetivo de evaluar comparativamente el uso de nuestro software en relación al software preexistente. La elaboración de la misma estaría a cargo del equipo gestor, sujeto a la aprobación de Unidad de Apoyo Pedagógico de la Facultad. Se distribuirá una vez terminada la experiencia piloto, conjuntamente con la de evaluación docente realizada habitualmente al finalizar el curso. Posteriormente habrá dos instancias de seguimiento post-implementación del proyecto: en el momento de rendir exámenes tras el primer y segundo año del curso curricular, para considerar el tiempo de difusión.

Algunos de los aspectos a evaluar serán:

- Si maneja software de cálculo
- Software de cálculo conocidos
- Software más utilizado
- Forma en que accedió el programa
- Grado de satisfacción respecto al programa
- Sugerencias y aportes

## 4. Conclusiones

Si bien aún nos encontramos en las etapas finales de escritura del código, lo desarrollado hasta el momento ha generado buenas expectativas entre docentes y estudiantes. Este proyecto ha sido el primero con alcance integrador realizado por nuestro equipo de trabajo y a nivel de nuestras cátedras. En ese sentido constituye una etapa de aprendizaje altamente positiva para nosotros tanto en el área de la programación como en la realización de proyectos de que vinculen la informática con la enseñanza de grado.

La ejecución de proyectos como éste en nuestro medio reviste dificultades en relación a los plazos de aprobación de diferentes etapas así como la asignación de recursos. Los tiempos de dedicación no siempre han sido lo deseados, sin haber podido contar con dedicación total, no obstante los resultados hasta el momento han colmado las expectativas.

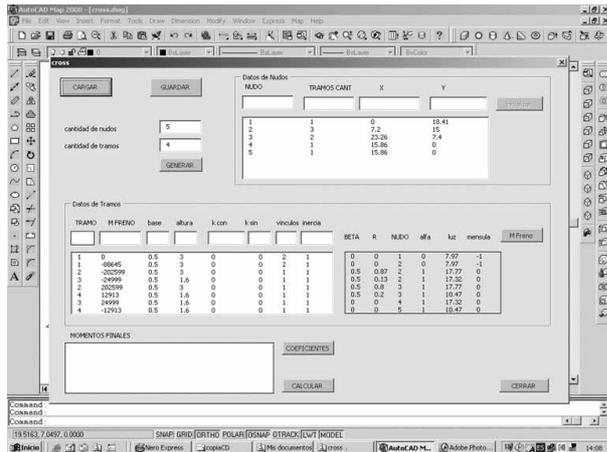


Figura 1: Formulario de ingreso de datos.

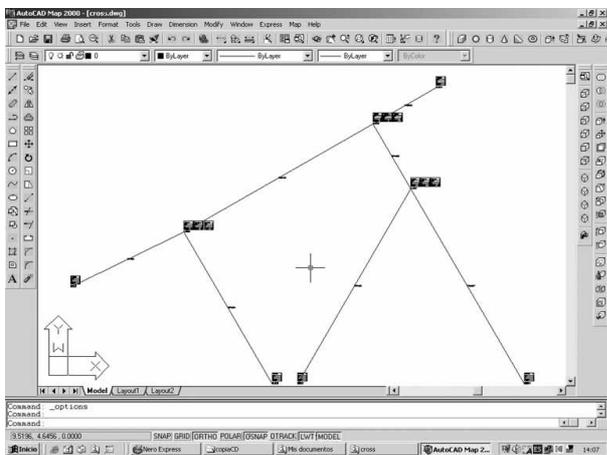


Figura 2: Graficación para Método de Cross.

## Referencias

1. Chamlian, H., y Borthagaray, J., Cálculo Matricial de Estructuras por el Método de las Deformaciones, OLCEDA, Facultad de Arquitectura de la UdelaR, Montevideo, 1991.
2. Borthagaray, J., Vigas Continuas, OLCEDA, Facultad de Arquitectura de la UdelaR, Montevideo, 1992.
3. Calcagno, F., y Otros, P\_PLAN\_W (Programa), Sistemas Para Ingeniería, San Martín 1137 P5, Capital Federal, Argentina, 2001.

4. CYPE Ingenieros, S.A., CYPECAD (Programa), Av. De Mayo 605 P9, Buenos Aires, Argentina, 2003.

## Bibliografía

1. Cohen Egler, T.T., Ciberespaço: novas formas da interação social, en: III Congreso Iberoamericano de Gráfica Digital, Montevideo, 1999, 253-258.
2. Atman, O., Facilitating Conceptual change: Computers, Cognitive Processes and Architecture, en: III Congreso Iberoamericano de Gráfica Digital, Montevideo, 1999, 275-279.
3. Barroso, J. R., El Aula virtual y el aula real. Nuevas alternativas pedagógicas, en: III Congreso Iberoamericano de Gráfica Digital, Montevideo, 1999, 372-375.
4. Federico, C., Enrich, R. S., Diaz, N., Carnicero, y A., Fornari, G., Enseñanza flexible, aprendizaje abierto. La computación como herramienta para la formación, en: III Congreso Iberoamericano de Gráfica Digital, Montevideo, 1999, 511-515.
5. Fernández, E., y Pi Gamba, C., P.C.D.:Un asistente en el desarrollo de cursos a distancia para Internet, en: III Congreso Iberoamericano de Gráfica Digital, Montevideo, 1999, 389-392.
6. Morgan, Z., Virtual Architecture, Batsford, London, 1995.
7. Castells, M., La Galaxia Internet, Plaza&Janés, Madrid, 2001.
8. <http://www.uoc.edu/culturaxxi/esp/articulos/castells0502/castells0502.html> [30-6-2004].
9. Jiménez Montoya, Menseguer y Cabre, Hormigón Armado, Gustavo Gili, 1984.
10. Barés, R., Tablas para el cálculo de placas y vigas pared, Gustavo Gili, 1981.
11. Chamlian, H., Losas de hormigón armado de planta rectangular apoyadas en todo su perímetro sometidas a cargas normales a su plano, OLCEDA, Facultad de Arquitectura de la UdelaR, Montevideo.
12. Chamlian, H., Apuntes sobre método de Cross, OLCEDA, Facultad de Arquitectura de la UdelaR, Montevideo, 1986.
13. Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, Redacción de proyectos de estructuras de hormigón armado, en: UNIT 5, Montevideo, 2004.
14. Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, Proyecto y ejecución de estructuras de hormigón armado o en masa, en: UNIT 1050, Montevideo, 2004.
15. Schinca, J., Losas macizas, OLCEDA, Facultad de Arquitectura de la UdelaR, Montevideo, 1990.