

**UNA PROPUESTA DE USO INTENSIVO DE
MAPLE y MATLAB EN EL APRENDIZAJE DE LAS
ECUACIONES DIFERENCIALES**

Juan Ursul Solanes
UNAM-Facultad de Ingeniería
Octubre de 2003

Resumen

En esta ponencia se presenta una evaluación de cinco semestres de la experiencia piloto en el aprendizaje de las ecuaciones diferenciales en la Facultad de Ingeniería, UNAM mostrada en el Primer Foro y se propone su evolución acelerada con el uso intensivo de los paquetes MAPLE y MATLAB en el laboratorio de cómputo, equilibrado con la clases de teoría matemática y con las demás tecnologías modernas de aprendizaje (instrumentos portátiles avanzados: calculadoras graficadoras, PDA's, motores virtuales en Internet, etc.).

Antecedentes

El 30 de noviembre de 2001 durante el Primer Foro de la **enseñanza de las matemáticas para ingenieros** el autor presenté la ponencia titulada **uso intensivo de herramientas de cómputo para el aprendizaje de las Ecuaciones Diferenciales: una experiencia reciente en la Facultad de Ingeniería UNAM**. En dicha ocasión como apenas iniciaba la experiencia referida con el grupo de alumnos inscritos en el semestre 2001-2 (que se cursaba en ese momento, dado el atraso que sufría el calendario escolar a causa de la huelga) se planteaban las propuestas siguientes:

- 1. Se sostiene la teoría matemática de la asignatura. Se presentan todos los conceptos matemáticos rigurosos y si es posible se refuerzan algunos de otras asignaturas pero indispensables para el desarrollo de la materia de estudio.*
- 2. Se organiza la asignatura partiendo de la creencia personal de que las ecuaciones de primer orden no son necesariamente las más sencillas de aprender. Después del primer tema de conceptos generales se estudian inmediatamente las ecuaciones diferenciales lineales de orden superior a uno. Después de dominar éstas (incluida la Transformada de Laplace y los Sistemas) se verán las ecuaciones de primer orden poco antes del tema de las ecuaciones en derivadas parciales y la Serie Trigonométrica de Fourier.*
- 3. Se eliminan la mayoría de los métodos manuales que siendo muchos de ellos redundantes no aportan nada al aprendizaje, en mi punto de vista (más del 40 % del tiempo del total del programa está dedicado a estos métodos). Son sustituidos por horas de laboratorio de computadoras en concreto con software dedicado al desarrollo matemático como Maple V o algún otro. Se fomenta más la experimentación que estos paquetes especializados propician en vez del "recetismo" al que conducen los métodos tradicionales.*
- 4. Se hace énfasis en la interpretación de los problemas y el planteamiento de los modelos matemáticos de resolución.*
- 5. Se dedica más tiempo a la interpretación de los resultados y a la comprensión profunda de las soluciones apoyándose con representaciones gráficas dibujadas en computadora.*

6. Se trata de sustituir la memorización sin sentido por el razonamiento complejo y de interpretación orientada a la ingeniería más que a un simple ejercicio intelectual abstracto.

7. Se pretende promover la más alta motivación en los alumnos al acercarlos a las herramientas más próximas a su cotidianidad y formas de expresión.

Después de cinco semestres continuos de haber impartido la asignatura conforme la idea original, con algunas adecuaciones de énfasis pero no de estructura, podemos presentar algunos resultados de esta experiencia docente novedosa y una disertación sobre los beneficios alcanzados, así como las restricciones y comentarios, muy valiosos ellos, por parte de los alumnos que participaron y algunos colegas que lo ven con simpatía y otros, también muy valiosos, que lo ven con escepticismo.

Evolución del experimento

PRIMERA GENERACIÓN: SEMESTRE 2001-2.

En ese primer semestre y dado que los alumnos inscritos no se imaginaban, ni remotamente, que iban a ser la primera generación de estudiantes que experimentaría con un nuevo formato, muy distinto al tradicional con que se impartía la asignatura de Ecuaciones Diferenciales (vigente prácticamente sin cambios desde 1967 al instaurarse los semestres como ciclo escolar de la UNAM) entonces se dio un rico intercambio de ideas y una construcción que consumió mucho tiempo, bien aprovechado, pero que mermó las posibilidades de reforzar mucho el uso intensivo y extendido de diversos programas, además de Maple V.

En ese entonces de experimentación diaria se hizo demasiado énfasis en el uso (de por sí limitado) de las calculadoras programables y graficadoras avanzadas como las HP 48 y 49, como instrumento focal para la resolución de ecuaciones y sistemas de ecuaciones, con algunas funciones asociadas a Transformada de Laplace. La problemática expuesta por los alumnos al finalizar el semestre fue que la adquisición de estos instrumentos resultaban fuera del alcance económico de la mayoría de los alumnos, y por lo tanto eran muy pocos los que aprovechaban dicho uso.

En ese primer semestre, sin embargo, si hubo una evolución significativa en la adquisición de claves de e-mail por parte de los alumnos y del uso no sólo de los equipos en laboratorios de la propia Facultad sino también en la asistencia a los cafés de internet que entonces empezaban a proliferar, así pues al inicio del semestre menos de 30% declaraban tener clave y usarla, al finalizar dicho ciclo escolar el 90% de ese primer grupo experimental se comunicaban amigablemente, por dicha vía.

En ese entonces fue difícil encontrar aplicaciones significativas y adecuadas al uso de cómputo, para el aprendizaje de los alumnos por lo tanto este aspecto también resultó muy limitado. En cuanto al uso de los alumnos del programa Maple encontró sus primeros obstáculos en el momento de intentar resolver las series de problemas que la coordinación preparaba de manera colegiada en los distintos equipos de cómputo que la Facultad ofrece para uso del alumnado, debido principalmente que las versiones de Maple iban desde la IV pasando por la V y hasta se llegó disponer de Maple 7 al final. He de hacer notar que dichas versiones tienen problemas de compatibilidad, muy especialmente entre la IV y la V. La queja de los alumnos no pudo ser resuelta de inmediato, pero no se resolvió hasta dos semestres después, esto significa que dicha dificultad persistió para los alumnos que cursaron el siguiente semestre 2002-1 y no se resolvió hasta mediados del semestre 2002-2.

Una característica que se percibió desde la primera aplicación fue que el índice de abandono de los alumnos después del primer examen parcial (que en mis grupos de semestres anteriores, fluctuaba entre 35% y 40%) se redujo espectacularmente a menos del 10%; parecía a primera impresión, que la novedad motivó a los alumnos a permanecer. Este fenómeno se ha sostenido a lo largo de los cinco semestres que lleva el experimento y que se presentan en este documento.

SEGUNDA GENERACIÓN: SEMESTRE 2002-2

El avance más destacado en este semestre fue que se bajó el énfasis a las calculadoras y se incorporó al laboratorio el uso de motores de resolución vía páginas de internet que instituciones de educación superior de USA, España y Nueva Zelanda ponían a disposición pública en la WEB. Estas páginas eran muy pocas (7 en total) y con muchas restricciones en el uso de las ventanas para plantear la Ecuación Diferencial y sus condiciones (iniciales o de frontera), en fin era muy limitado incluso las representaciones y la ortografía matemática tenía problemas, pero muy importante, son gratis. Con el tiempo estos motores de resolución han proliferado hasta cerca de 25 útiles pero en distintos idiomas y han mejorado notablemente su amigabilidad.

También se incorporaron nuevos ejercicios de aplicación netamente para resolver problemas de ingeniería. Se realizaron, por primera ocasión, todos los exámenes (parciales y finales) en el laboratorio de cómputo con la entrega de un diskette conteniendo los enunciados del examen como un archivo maple (.mws) y al finalizar el alumno entregaba el mismo diskette con otro archivo maple con las soluciones desarrolladas (aún cuando algún problema decidiera el alumno resolverlo manualmente, entonces el maple se convertía en un editor avanzado) sin embargo a la hora de calificar dichos exámenes se imprimían en papel y se calificaban de la manera tradicional-- cabe aclarar en este momento, que en el primer semestre del experimento, se realizaron: sólo uno de los tres posibles exámenes parciales y los finales (dos vueltas, como se les conoce en la UNAM) en el laboratorio, debido a que al inicio se temía, por parte del profesor y de los

alumnos, en aventurarse a dejar las formas tradicionales de elaborar reactivos, presentar los cuestionarios y entregar los resultados en papel--.

La comunicación por medios electrónicos mejoró notablemente dada la cantidad de claves que los alumnos presentaron desde el inicio (75% de ellos), sino que además desde ese semestre hasta ahora, al finalizar los mismo el 100% tienen clave y la usan. En el semestre segundo de aplicación, en este aspecto fue que los alumnos cambiaron de clave e-mail varias veces, eso significó que había un ambiente de inestabilidad en la comunicación por la vía electrónica, por ese fenómeno. También fue la explosión de las claves gratuitas de hotmail y yahoo, lo llevó a un ambiente muy inestable.

TERCERA GENERACIÓN: SEMESTRE 2002-2.

En esta tercera aplicación del experimento no hubo cambios significativos en la estructura, sólo que se instituyó que la asistencia al laboratorio iba a ser programada desde principios del semestre y en un día establecido (en esta generación fue los lunes de cada semana) lo que aumentó notablemente la cantidad de horas de laboratorio y se pudo incursionar tímidamente en la utilización de MATLAB para la resolución numérica y gráfica de las ecuaciones diferenciales.

Con esa generación fue notable un nuevo fenómeno, preocupante para quién suscribe este documento. Durante los dos semestres anteriores la inscripción de los alumnos había sido con la misma proporción de estudiantes por carrera que el promedio de la población de la Facultad de Ingeniería-UNAM, sin embargo a partir de esta generación hubo un cambio perceptible donde la mayoría de los alumnos fueron de las carreras de las divisiones de ingeniería eléctrica e ingenierías mecánica & industrial, reduciéndose significativamente los alumnos inscritos en las de las divisiones de ingeniería civil y de ciencias de la tierra.

CUARTA GENERACIÓN: SEMESTRES 2003-1.

En este semestre el cambio más significativo se dio en la aplicación de SIMULINK dentro del paquete MATLAB de manera más intensa y para contrastar con los resultados de MAPLE y más bien se empezó a equilibrar en términos docentes la teoría y el laboratorio, cayendo prácticamente en desuso las calculadoras graficadoras-programables por lo limitadas y costosas que son durante la exposición de la clase teórica, redundando en más tiempo para profundizar teoría matemática y ejemplos de aplicaciones. La motivación en los propios alumnos se percibe cada vez con mayor intensidad pues investigan nuevas formas de resolución de ecuaciones mediante los equipos de cómputo baste decir que es en este semestre que ellos, los alumnos, me consiguieron un emulador de MATLAB para la PDA.

En este semestre surgieron las primeras voces, entre mis alumnos, de preocupación por la resistencia de parte de muchos profesores de nuestra

Facultad de Ingeniería-UNAM a permitir el uso de la computadora para resolver las ecuaciones diferenciales de problemas que surgen en las asignaturas de semestres más avanzados en las diferentes carreras.

Interrogando a varios de los profesores, mencionados por mis alumnos, sus expresiones fueron de una extrema desconfianza hacia la capacidad de los alumnos en usar correctamente la computadora para un ejercicio intelectual que sólo se puede realizar bien de manera manual o cuando mucho a través de métodos numéricos dejando a la computadora su utilidad de cálculo numérico. La frase “es que los alumnos que utilizan intensamente la computadora dejan de pensar” es frecuente entre estos académicos.

QUINTA GENERACIÓN: SEMESTRE 2003-2

En este semestre se dio el gran salto hacia dejar de utilizar el papel para calificar los exámenes y las series. Todos los trabajos se manejarían de formato magnético (diskette de 3.5” o CD ROM) o por vía de correo electrónico. El profesor en lugar de imprimir en papel para calificar con plumón rojo calificó directamente sobre los archivos de la computadora, al principio con alguna dificultad por la falta de costumbre. Había una situación muy complicada al calificar directamente en el archivo tipo .mws de MAPLE, pues al enviar el examen calificado al alumnos por e-mail se dieron varios casos de corrupción del contenido a posteriori pues no había manera de detectar el manipuleo. Sin embargo un alumno fue quien me propuso la solución que ha funcionado perfectamente: copiar el archivo de .mws a una imagen en .doc y calificar sobre dicha imagen y enviarla para conocimiento a los alumnos por la misma vía e-mail, con la ventaja que si alguien intenta regresar dicha imagen al paquete MAPLE por cualquier forma siempre queda como texto enriquecido, o sea completamente inalterable.

NOTA FINAL DE ESTE APARTADO.

Acaba de ingresar la sexta generación: 2004-1 y sólo se puede destacar que de nueva cuenta se agudiza la desproporción entre alumnos de las divisiones de ingeniería eléctrica e ingeniería mecánica-industrial al llegar a ser las cuatro carreras el 75% del total de los alumnos del grupo.

Conclusiones y propuesta.

Las conclusiones más importantes se pueden resumir en las siguientes:

1. Esta forma de aprender ecuaciones diferenciales para los futuros ingenieros ha tenido una excelente acogida entre el alumnado pues desde entonces (semestre 2002-1) el grupo se ha agotado todas las inscripciones, se incorporan uno dos alumnos por cambio de grupo y solicitan inscripción como oyentes entre diez y quince alumnos cada ocasión.

2. Los índices de aprobación y reprobación no han variado significativamente respecto al mismo grupo de Ecuaciones Diferenciales en los semestres previos a la aplicación del experimento. Lo que si se ha reducido notablemente ha sido el índice de abandono a lo largo del desarrollo del curso, fenómeno notable desde las primeras aplicaciones y que se ha sostenido. Este experimento se implantó con un propósito distinto a buscar incrementar la aprobación, pues el esfuerzo del alumnado es notablemente más intenso que en la forma tradicional de estudiar la asignatura, por lo que la mayoría de los que no aprueba es por faltar a las clases de laboratorio, no entregar las series colegiadas y no presentar algún parcial, situaciones idénticas a las de un curso tradicional.
3. La mayoría de los profesores que imparten la asignatura ven con escepticismo este experimento y no ha habido ningún intento serio de incorporarse a él. Solo he tenido dos acercamientos con profesores de asignatura que tomaron clase conmigo en el laboratorio pero que finalmente no cambiaron su forma de impartir Ecuaciones Diferenciales. En mi participación en un curso inter-semestral de MAPLE dirigido a personal académico de la propia Facultad los asistentes expresaron que les parecía muy complicado cambiar radicalmente la forma de impartir clases, utilizando este paquete, para un efecto docente de dudoso y riesgoso impacto y que, además, no habían suficientes computadoras en la división para que otros profesores incorporaran el MAPLE a sus clases (lo que es muy evidente).
4. Muchos exalumnos se entusiasmaron de la experiencia y me han seguido solicitando información para profundizar en MAPLE y MATLAB.
5. Puedo considerar (sin asegurar nada por que no ha habido seguimiento serio de los alumnos después) que aquellos alumnos que aprobaron la asignatura en el grupo salieron con un abanico más amplio de s para enfrentar el aprendizaje de la ingeniería, pues vieron las ecuaciones de manera completamente diferente y con un sentido integral de para qué sirven y cómo existen múltiples formas de obtener sus soluciones además de las que están plasmadas en el programa vigente de la asignatura, sin perder rigor académico en la teoría matemática de las Ecuaciones Diferenciales.

A modo de conclusión final es que después de cinco semestres completos de aplicar a este grupo piloto una forma radicalmente distinta de aprender a resolver Ecuaciones Diferenciales los resultados visibles han sido correctos sin generar en el pronto plazo un efecto perverso que se conozca sobre la formación de los estudiantes, al contrario el entusiasmo mostrado por estas generaciones totalmente involucradas en la era de las computadoras y la transmisión masiva de información, para conocer como entrar a ella para que sea útil en la aplicación de la profesión los ha motivado, al menos a muchos de ellos sin sacrificar a los menos.

La propuesta a las autoridades de la Institución es que se impulse más agresivamente, con más recursos y menos obstáculos un cambio radical de la

forma en que está organizada la enseñanza (y el aprendizaje) de las matemáticas así como incorporar de manera eficaz las nuevas tecnologías de cómputo y comunicación a todas las asignaturas involucradas, para formar los ingenieros del mañana. Todas las experiencias de aquellos que intentamos evolucionar de manera acelerada, son valiosas y deben ser conocidas por más profesores para inducir un cambio significativo para beneficio de la Facultad.