

# sistema de aprendizaje individualizado. curso de matemáticas uam-azcapotzalco

raúl amezcua, rogelio herrera, salvador arellano, josé luis huerta, luis arenas, ángel martínez, jaimé grabinsky e irene rivera \*

## 1. Introducción

### 1.1 Presentación

El objeto del presente trabajo es describir en términos generales la historia, características, evaluación y posibles escenarios del sistema de aprendizaje individualizado (SAI), y fundamentalmente la experiencia de los cursos de matemáticas impartidos en este sistema en la División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Unidad Azcapotzalco de la UAM.

Los conceptos expuestos son compartidos en líneas generales por los autores, pudiendo haber diferencia de experiencias personales, pero se ha procurado ser objetivo en cuanto a la realidad del sistema. En el transcurso de la elaboración de este trabajo se recibieron valiosas opiniones o sugerencias de profesores que han laborado en el SAI, que han sido incorporadas en beneficio de la precisión y la visión equilibrada.

### 1.2 Historia

El SAI se basa en los principios del Personalized System of Instruction (PSI) creado por Fred S. Keller, que lo aplicó en un curso de Laboratorio en la Universidad de Columbia en 1963 y en otro de Psicología en la Universidad de Brasilia, en 1964.

La orientación psicológica inicial del PSI fue la escuela conductista. Hubo fuerte interés en la enseñanza de la psicología y de las ciencias, pero fue trascendido ampliamente.

Esta metodología llegó a extenderse a universidades en todo el mundo, incluyendo unas de excelencia como el Instituto Tecnológico de Massachusetts y la Universidad de California en Berkeley, así como en universidades de Latinoamérica, entre otras.

En su apogeo, llegó a haber una revista mensual de distribución mundial, editada en Estados Unidos, llamada *Journal of Personalized Instruction*. El mismo Keller publicó un manual sobre su metodología.

En los inicios de los setenta se publicó una serie de *Educational Technology Review* en 12 tomos, que incluía un volumen sobre educación individualizada.

Se han realizado *simposia*, experimentos controlados, comparaciones de cursos impartidos con diferentes formatos, metaestudios (análisis de conjuntos de análisis estadísticos reportados, cumpliendo requisitos de cuidados metodológicos) con resultados favorables.

La educación programada, la educación a distancia, los sistemas expertos, la educación auxiliada por computadora, el sistema Plato, etc., han sido y son otros movimientos de reforma educativa que se han intercomunicado, criticado e influido con diferencias teóricas y prácticas.

Ha continuado la aplicación de todas estas metodologías a nivel mundial con buenos resultados, pero sin velocidad y el ruido que hubo en los sesenta y setenta.

### 1.3 En México

Muchas inquietudes educativas en las ramas de las ciencias básicas y la ingeniería se habían dado ya en los sesenta, por ejemplo, empleando y desarrollando materiales de educación programada, que exigen la elaboración de textos que en principio son autosuficientes (v.gr. Facultades de Ingeniería y Ciencias).

El inicio del PSI en México fue en el Tecnológico de Monterrey, donde inclusive se desarrollaron manuales para elaborar material en este formato de enseñanza. Se ha extendido el PSI o formas análogas a bachilleratos (Coahuila en cinco planteles y en Morelos cuatro), Universidad Autónoma de Nuevo León, Sistema de Universidad Abierta en la Facultad de Filosofía y Letras, Facultad de Derecho de la UNAM, Universidad Pedagógica Nacional, en un gran número de sus unidades distribuidas en todos los estados de la República, entre otros. La UAM-Azcapotzalco se incorporó rápidamente a este movimiento nacional.

### 1.4 En la UAM

Fue por iniciativa de profesores de Ingeniería y Ciencias Básicas que esta modalidad de enseñanza se incorporó en materias exclusivas de esta división.

La motivación surgió de un seminario sobre el PSI, organizado por la Rectoría General en julio de 1974. Ade-

más, algunos de nuestros profesores observaron su funcionamiento en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey para después, contando con el apoyo de la División y Rectoría de la Unidad, ofrecer el primer curso bajo este régimen en noviembre de 1974.

El Sistema se implantó con la denominación de Sistema de Aprendizaje Individualizado. El primer curso que se ofreció fue el de Cálculo diferencial e Integral I.

Después de este inicio, profesores de la División se dedicaron a la tarea de diseñar nuevos cursos, así como a la elaboración del material correspondiente.

Hubo verdadera inquietud y mucha riqueza de iniciativas en sus primeros años; su puesta en marcha y su sostenimiento fue y ha sido motivo de polémicas.

Poco a poco se ha ido cubriendo todo el tronco común de asignaturas y algunas del tronco profesional, de modo que en la actualidad un alumno puede cubrir todas las matemáticas de ingeniería en su modalidad.

Siempre ha habido un coordinador del SAI nombrado por el director de la División. Existe un comité de estudios que se reúne por lo menos una vez al trimestre con el coordinador. Este comité consta de un representante de cada departamento de la División.

En más de una ocasión se han cancelado o pretendido cancelar cursos de SAI por jefes de departamento. Algunos de los argumentos esgrimidos son el ausentismo de profesores, la necesidad de reestructuración, desacuerdos con la filosofía del sistema, mayor demanda de cursos tradicionales, pero no deben descartarse también como motivos en algunos casos la falta de conocimiento o incomprensión del sistema e inclusive diferencias personales.

## 2. Descripción del SAI

### 2.1 Características generales

En este sistema no se tiene clase expositiva; la principal fuente de información es escrita; el alumno acude al salón del SAI a pedir asesoría, material o presentar evaluaciones; cada alumno avanza al ritmo que decide; cuando reprobaba se le permite reciclar el proceso de la unidad respectiva; los conocimientos se consolidan mediante unidades de integración; cada curso está a cargo de un profesor y de un grupo de profesores ayudantes que asisten en la atención a los estudiantes.

### 2.2 Operación

El estudiante solicita material, integrado por un programa del curso dividido en unidades en el que se marcan objetivos, una guía de estudios en donde señala el procedimiento para alcanzar los objetivos, apuntes o referencia del libro de texto y ejercicios de autoevaluación por cada unidad.

En caso de tener dudas, el alumno acude al salón del SAI en el horario asignado para la materia.

Para solicitar el examen de evaluación de una unidad debe presentar previamente el examen de autoevaluación, resuelto a satisfacción del profesor o su ayudante.

Sólo en caso de contestar el examen de manera ampliamente satisfactoria (enseñanza de excelencia), avanzará a la siguiente unidad, en caso contrario solicitará un nuevo examen de la misma unidad cuando lo estime conveniente.

### 2.3.1 Inscripción

La inscripción se realiza en los periodos programados por la Coordinación de Sistemas Escolares.

A los alumnos de nuevo ingreso se les da oportunidad de solicitar su alta a grupos de SAI durante las dos primeras semanas de clase.

Los estudiantes deben presentarse en el salón correspondiente para solicitar su registro por parte del profesor o sus ayudantes.

En caso de terminar un curso antes de concluir el trimestre, se le permitirá iniciar el siguiente curso seriado de SAI si éste existe dentro del mismo trimestre, aunque la Coordinación de Sistemas Escolares no lo tenga registrado.

### 2.3.2 Acreditación

La fecha límite para que un alumno realice su último examen coincidirá con la programada por la División para la evaluación global de la materia correspondiente.

Para acreditar una materia se requiere haber aprobado el total de exámenes. En caso de que el alumno haya solicitado iniciar un nuevo curso seriado dentro del mismo trimestre, puede pedir en la Coordinación de Sistemas Escolares un examen de recuperación para que le sea asentada la calificación correspondiente.

Cuando únicamente le hubiera faltado presentar un examen para terminar el curso, puede solicitar la prueba de recuperación en grupo SAI, siendo válidas las unidades acreditadas.

## 2.4 Descripción general

El método de enseñanza-aprendizaje consiste en una división del material a estudiar en unidades, usualmente entre ocho y 11 para un trimestre. En la práctica se hace uso de un libro precisando secciones, capítulos y ejercicios de una guía SAI que orienta, introduce conceptos y precisa un conjunto de problemas a resolver.

El alumno estudia el material correspondiente a cada unidad, resuelve problemas que son revisados por el profesor o los ayudantes. Si son correctos se realiza un exa-

men del tema y se evalúa en su presencia el mismo día, en la hora y media asignada a clase. Si el alumno no realiza bien el examen se le corrige, continúa estudiando y realiza otro examen, diferente, extraído de un banco de exámenes de cada plantel. Al aprobar una unidad, estudia la siguiente y presenta la nueva autoevaluación y exámenes correspondientes. Posteriormente se realizan unidades de integración (una o dos) que examinan un conjunto de unidades simultáneamente.

El maestro y los ayudantes se encuentran en un salón *ad-hoc*, con una zona de archivos y mesas en las que se asesora y se lleva el seguimiento de los alumnos, los diferentes tipos de exámenes, y de material de auxilio (tablas, artículos, notas, etc.).

Los alumnos estudian en mesas en el salón, y cuando deciden realizar exámenes lo hacen en una zona especial.

Mientras los alumnos hacen sus exámenes, el profesor y los ayudantes explican temas a cada alumno que lo solicite, resuelven dudas, asesoran y revisan el avance de los alumnos en sus exámenes.

El maestro además resuelve problemas que surjan en los ejercicios o algún problema difícil. Se genera un ambiente de taller, de laboratorio, de compartir actividades diferentes bajo un mismo techo.

En la actualidad existen dos salones exclusivos para SAI y hay horarios para los cursos en la mañana y en la tarde, en forma análoga a los tradicionales (4.5 o 7.5 horas a la semana, dependiendo de la materia). El salón usualmente lo comparten maestros y asesores de diversas especialidades asignados a cursos diferentes.

Una característica importante del sistema es que el maestro no imparte clases frente al grupo (excepcionalmente lo llega a hacer). El ritmo de avance lo señala el alumno presentando y aprobando exámenes.

En un día típico habrá alumnos en asesoría, haciendo exámenes de diferentes unidades, estudiando el material, realizando autoevaluaciones, discutiendo problemas, socializando con compañeros.

Siguiendo el modelo mencionado, hay varias características que resaltan por su comparación con los cursos basados en la exposición del profesor: más actividades del alumno durante el trimestre, mucha más interacción con el maestro y el ayudante y, por tanto, rápida detección de aciertos y errores; posibilidad de encontrar y/o corregir lagunas o defectos del aprendizaje anterior tan frecuentes en matemáticas; mayor posibilidad de resolver dudas personales; posibilidad de terminar un curso, según el tiempo disponible del alumno, los conocimientos previos, la motivación propia o generada en el curso; adecuar sugerencias, explicaciones y pláticas a los intereses específicos de la carrera o del alumno; el alumno se ve menos expuesto a presiones psicológicas, y puede desarrollar más su habilidad verbal, ya que se le puede requerir explicar temas y responder ejercicios.

Cabe destacar otras propiedades:

- Seguridad del porcentaje real de conocimiento adquirido o dominado y, en consecuencia, posibilidad de una evaluación más precisa (lo cual idealmente conduce a la exigencia de excelencia en el aprendizaje).
- Constatación de la idea o concepción que asegura que el conocimiento sólo puede ser adquirido mediante una participación activa y fundamental del estudiante, para lo cual debe y puede asistirse de bibliografía, personas expertas (profesores en el tema), experimentación, etc.
- La preservación y transmisión de la experiencia docente en SAI queda en buena medida garantizada. El tipo de problemas que pueden abordarse, presentación de un tema, notas, bibliografía, folletos, guías, problemarios, etc., son elaborados por escrito y archivados en el SAI. Los profesores nuevos con todo este material tienen una clara guía o punto de referencia para comparar su criterio respecto a la materia. Esta documentación ayuda a sistematizar, organizar, planear y diseñar la impartición de la docencia, permitiendo disminuir las dificultades que afrontan los alumnos al aprender un tema y lograr así un aprendizaje más efectivo.

### 3. Cursos SAI de matemáticas en Azcapotzalco

#### 3.1 Esbozo de desarrollo

Se puede bosquejar, respecto de los cursos de matemáticas, tres etapas distintas (reconociendo que esta División es punto de vista seguramente simplificado, y que las etapas tienen fronteras definitivamente borrosas y no son ajenas).

**Etapas de arranque.** El sistema inició con los cursos de matemáticas entre otros Cálculo I y II, Ecuaciones diferenciales, Álgebra lineal. Para varios cursos se diseñó material exprofeso, el cual se concibe dentro de la filosofía SAI, resultando de esto, por ejemplo, un par de guías de Cálculo, complementadas con notas, apoyadas en un texto (Bers) para los temas que el autor consideró necesarias, así como con exámenes de autoevaluación para cada una de las unidades. Esto permitió tanto al asesor como al alumno tener una visión pormenorizada. En particular, al alumno le facilitaba el recorrido por el camino del aprendizaje, ya fuera de la materia en sí o de la forma de estudio.

La mayoría de los asesores del sistema (en matemáticas) cumplían con las siguientes cualidades: capacidad, responsabilidad, puntualidad, entusiasmo. La colaboración y capacidad de los alumnos contribuyó también a que el sistema rindiera sus mejores frutos.

En la segunda etapa se aprovechó el trabajo de la anterior, que permitió sin gran esfuerzo por parte de los profesores (salvo el intrínseco de cierta experiencia y capacidad), tener resultados positivos y alentadores, así como disfrutar y aprovechar la experiencia de conocer el SAI.

Se aprendió mucho de los alumnos y se reforzaba cotidianamente la tesis que asegura que en el aprendizaje nada sustituye el esfuerzo del estudiante y, en consecuencia, que aun cuando sea más fácil dar la respuesta que uno conoce ante un problema del alumno, el profesor debe sólo orientarlo para que él mismo lo encuentre, siendo satisfactorio que por poco apto que pudiera parecer, si el alumno ponía el suficiente empeño y uno la suficiente paciencia se obtenían resultados aceptables.

Esto permitió una convivencia estrecha de alumnos y asesores, con relaciones humanas más ricas y edificantes.

Un grupo de profesores desarrolló una metodología para elaborar material específico de SAI, presentándola en un congreso internacional de matemáticas.

**Etapa reciente.** Ultimamente y sobre todo en aquellos cursos en que los profesores no fueron capaces de renovar y enriquecer el material, aunado a cierto desinterés de la coordinación del sistema en cuanto a una mejor difusión a los alumnos y motivación de los profesores, ha comprometido la situación. Se ha notado un deterioro reflejado en la disminución de la calidad de algunos cursos, a lo cual contribuye también la menor exigencia y dedicación de algunos asesores, sin dejar de reconocer la presencia de profesores o ayudantes de gran experiencia y dedicación. También, por falta de mantenimiento, hay poco material, faltan exámenes en el archivo en número suficiente para una adecuada rotación, no se han elaborado textos ni material de apoyo didáctico y se ha reflejado la evaluación de exámenes de integración en varios casos.

Por otro lado, y en contraposición a lo anterior, se han ofrecido varios cursos de capacitación para docentes en forma de talleres llamados SAI en SAI; así como elaboración de nuevas notas de Cálculo, Cálculo de varias variables, Matemáticas aplicadas a la ingeniería y dos versiones distintas de Variable compleja junto con un problemario, aunque no todas se han aplicado y se transcribió y corrigió la guía de álgebra lineal.

Se adquirieron tres máquinas PC con procesador SX-386, disco de 40 Mb, monitor EGA, *mouse* y *floppy* de 1.2 Mb, además de impresora de matriz de punto de 10 pulgadas para apoyar la elaboración de material del SAI. Actualmente, en lo que se refiere a matemáticas, se están transcribiendo con procesador de palabra notas de las unidades correspondientes a los cursos de Cálculo I y II.

### 3.2 Observaciones y consideraciones

En los cursos de matemáticas el alumno debe efectuar, presentar y, si es necesario, defender en promedio unos 50 problemas de autoevaluación y otro tanto en exámenes del curso, o sea cien problemas (teóricos, numéricos, de aplicación, etc.) y la opción de ser asesorado en cuando menos 33 sesiones durante el trimestre (más las posibles horas de oficina de ayudantes y profesores). En algunos cursos, como los de Cálculo, hasta en 55 sesiones.

Hay algunas inquietudes compartidas por docentes de matemáticas y alumnos que pretenden materializarse en los cursos con este formato: lo fundamental, en la educación, es aprender a aprender; haciendo se aprende; en particular, sólo con ejercicios matemáticos se comprenden los conceptos y técnicas matemáticas; el alumno que se compenetra en alguna materia aumenta su interés por ella y por madurar sus habilidades; un ambiente de respeto y estímulo ayudan a estudiar; alumnos que no hace mucho pasaron por las mismas circunstancias son buenos "hermanos mayores" para auxiliar en el aprendizaje de alumnos de nuevo ingreso, el sentimiento de recibir atención especial como parte de un sistema "experimental", mejora el desempeño; el aprendizaje tiene acusadas características individuales que es necesario tener en cuenta; mucho de lo que ocurre en una clase con conferencia del maestro es un "viaje del ego" del profesor y no una necesidad en la enseñanza; aprender a estructurar los calendarios, los tiempos disponibles para un esfuerzo de mediano plazo en una meta deseable en la enseñanza, que prepara para cualquier trabajo y para la vida misma; generar autonomía en los alumnos es una meta muy importante y difícil, que depende en gran medida de la actividad del individuo; pasar de la inseguridad generalizada en algunos alumnos a la seguridad es difícil pero sólo se consigue con el apoyo constante, cuidadoso de la actividad real del alumno.

En ocasiones los profesores del SAI están muy motivados y creen que esa es la mejor manera de impartir un curso. Muchas veces son asignados sin tener especial interés. Hay profesores que han hecho un esfuerzo para desarrollar materiales educativos específicos, presentándolos en congresos nacionales e internacionales. Algunos de los materiales desarrollados inicialmente en el SAI han sido ampliados o modificados para ser utilizados por alumnos o maestros de los cursos tradicionales. Sistemáticamente se ha contado con un buen nivel de calidad de asesoría. Inclusive ex alumnos o alumnos del SAI han sido incorporados, en calidad de profesor ayudante o en servicio social, como asesores entusiastas. Algunos proyectos terminales han resultado de las inquietudes de alumnos y asesores.

Los alumnos se han visto atraídos por el sistema en diverso grado en el transcurso del tiempo, teniendo que pesar cada vez más la comparación entre lo exigido en los cursos tradicionales y el SAI: la calidad de la asesoría disponible, la puntualidad y asistencia a los cursos del personal docente, el ambiente en los salones, la complejidad, surtido y calidad de los materiales disponibles, el interés personal mostrado a cada alumno, etcétera.

En varios de los cursos de matemáticas del SAI se ha buscado ejemplificar con situaciones extraídas de diversas aplicaciones de los cursos, desarrollando problemas resueltos y por resolver.

Una experiencia que un alumno típico enfrentado a un curso típico con algún material, sea libro o material ad

hoc, tiene un número relativamente grande de dudas, de problemas que no resuelve sin asesoría; es decir, aun teniendo vocación de ingenieros o científicos, la mayoría de los alumnos afrontan muchos obstáculos para cubrir un curso en un tiempo dado. La confrontación exitosa del alumno con estos obstáculos es parte sustancial de la "construcción" del conocimiento matemático por parte del alumno.

Otra experiencia clara es que hay muchos tipos de alumnos: desordenados, nerviosos, ingeniosos, guasones, deshonestos, veloces, que no saben preguntar, autónomos, flemáticos, metódicos, extremadamente independientes, orgullosos, con diversos problemas de antecedentes matemáticos, con dificultades comunes específicas, pero ha sido posible interactuar positivamente con muchos de ellos.

Los índices de deserción y reprobación son equiparables a los del sistema tradicional con la diferencia de que la calidad de preparación de los alumnos del SAI es mayor, aunque no se han hecho estudios precisos sobre estos temas.

En este sistema se promueven técnicas fáciles para el planteamiento de problemas y se enseña a pensar en una forma lógica y precisa; además, el alumno de SAI tiene buenas posibilidades de desarrollar aptitudes autodidactas.

Es un ámbito propicio para aplicar investigaciones de carácter pedagógico, por la facilidad de detección en cada etapa del proceso educativo y por la atención mayor y personalizada al alumno. Lamentablemente no se han dado verdaderos proyectos en este sentido en la División.

Este sistema ha sido receptáculo o refugio "regularizador" para alumnos que han reprobado en cursos tradicionales y buscan guía y asesoría para presentar un examen de recuperación. También tiene una menor tasa de rendimiento profesor-alumnos, por la necesidad de un mayor control y atención personalizada.

El mayor costo de este sistema ha sido compensado con la atención simultánea de varios cursos por un mismo profesor.

El SAI depende de una organización compleja e interdependiente de profesor-ayudantes-material-alumnos que lo hace vulnerable a fallas de alguno(s) de sus componentes. Esto significa que, a diferencia de cursos tradicionales en que el profesor es el principal responsable, en el SAI se requiere además material didáctico, asesoría constante y esfuerzo dinámico de los alumnos.

Con un buen texto y material elaborado se puede minimizar la necesidad de asesoría, facilitar e incluso acelerar la calificación de autoevaluaciones y exámenes.

La crisis económica, la valoración de la docencia y la construcción del tabulador han afectado el desarrollo de nuevos materiales y la dedicación a temas de enseñanza, docencia y discusión pedagógica en los últimos años. Aún así el sistema ha mantenido una presencia significativa y promisoría en el contexto de la División.

#### 4. Prospectiva

Existe de este trabajo un grupo de profesores de matemáticas, incluyendo a los autores, que se sienten identificados y comprometidos con el SAI, aunque con idiosincrasia, aportaciones y conceptos propios del proceso de enseñanza-aprendizaje que no comparten la filosofía conductista o se circunscriben al PSI. Ha habido un esfuerzo sostenido por hacer interesantes y motivantes los materiales didácticos y las asesorías, incluyendo experiencias de la vida diaria, de las ingenierías, de planteo de problemas, de métodos gráficos e investigaciones asignadas y de interés del alumno. Se ha generado la inquietud por la elaboración de textos con perfiles sobre la manera de exponer la matemática que difieren de los tradicionales, producto de muchos años-hombre de experiencia docente en ingeniería. Es un germen que merece ser desarrollado plenamente.

Por la novedad, las singularidades administrativas y prejuicios existentes, se requiere la creación de nuevos audiovisuales y materiales introductorios que se presenten a los alumnos en sus sesiones de bienvenida a la universidad, inclusive con participación de alumnos con experiencia en SAI; así como de esfuerzos para integrar a profesores que hasta ahora no han participado en esta modalidad.

Existe un arraigo suficiente en profesores, autoridades y alumnos para prever la continuidad de este servicio.

Es posible expandir la cobertura a cursos de matemáticas para las otras divisiones.

Ha habido demanda que permite considerar la apertura de más grupos en ciertos cursos.

La incorporación de la computadora como auxiliar en las tareas docentes puede ayudar a aumentar la eficiencia y el atractivo de los cursos.

El SAI valida el carácter de una universidad innovadora e inquieta por la calidad de la enseñanza, pero lo podría hacer en mucho mayor medida.

El SAI puede participar relevantemente en la búsqueda de soluciones a la problemática educativa del país, tomando en consideración las debilidades de la instrucción tradicional.

#### Bibliografía

- Proyecto Nacional 5.5, 1988, Proides-Conpes. "Evaluación de los Sistemas de Educación Abierta, SEP, documento final, 1988, México, D.F.
- Billy Koen, David Himmelblau, Paul Jensen, Charles Roth, 1985, "The Keller Plan: A Successful Experience in Engineering Education", University of Texas, Austin, en *Engineering Education*, 75 (5), p. 280-284.
- "An Educational Reformer: Freed S. Keller speaks", 1985, *Engineering Education*, 76 (3), p. 144-148.
- J. Kulik, C. Kulik and P. Cohen, 1979, A meta-analysis of outcome studies of Keller's personalized system of instruction". *American Psychologist*, 34, p. 307-318.

J. Kulik, P. Jaksa, C., Kulik, 1978, "Research on component features of Keller's personalized system of instruction", en *Journal of Personalized Instruction*, 3, p. 2-14.

UNESCO, 1986, "Research on the Effectiveness of Computer Based Instruction: a Review", en *International Review of Education*, p. 313-324.

J. Kulik, C. Kulik, P. Cohen, 1980, "Effectiveness of Computer Based College Teaching: A Meta Analysis of Findings", en *Review of Educational Research*, 50 (1), p. 525-544.

\* Profesor de la UAM-A.

