

Programa Principia: experiencias de un curso con currículum integrado en ambientes colaborativos y con uso de tecnologías en el aprendizaje

**FRANCISCO DELGADO¹, RUBÉN D. SANTIAGO¹, CARLOS PRADO¹,
RODRIGO POLANCO², LOURDES QUEZADA¹**

¹Departamento de Matemáticas, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México

²Dirección de Efectividad Institucional, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México

Resumen

Se presenta un modelo educativo para estudiantes de ingeniería que integra el currículum básico de las áreas de Ciencias Básicas, entre sí y a los primeros semestres de las carreras de ingeniería. El modelo desarrolla una metodología de enseñanza y aprendizaje cuyos ejes fundamentales son: el aprendizaje basado en la resolución de problemas y en la investigación apoyados por la tecnología. Este modelo toma como propia la estrategia del método Harvard, adopta como soporte el análisis y solución de problemas de Polya y considera los aspectos emocional y conversacional en la relación maestro-alumno. El modelo se desarrolla actualmente con tres grupos piloto y en un aula con alta tecnología. Evaluaciones sobre la efectividad del programa son presentadas también.

Palabras claves: aprendizaje colaborativo, tecnologías para la enseñanza-aprendizaje, método Harvard.

Abstract

Principia is an educative model for engineering students that integrates the basic curriculum of the basic areas of Sciences between each other. It is primarily thought for the first semesters of engineering school. The basic tools used by this method in learning based in problem solving and the use of technology as tool in research. This model as its own takes Harvard's methodology. It is based in analysis and Polya's problem solving. It is aware about the emotional and communicational aspects between the teacher and the student. Nowadays, there are three pilot groups working in a classroom with very high technology. Some evaluations about the effectiveness of the program are also presented in this document.

Keywords: teamwork learning, technology for teaching and learning, Harvard method.

Antecedentes

En los últimos años se ha venido observando una tendencia de cambio en el modelo de enseñanza-aprendizaje que se utiliza en el ITESM. Sin descuidar la parte de conocimientos, ahora se considera importante incorporar dentro de los cursos diversas habilidades, actitudes y valores (HAV) como son, por ejemplo: trabajo en equipo, aprender por cuenta propia, uso de la tecnología, capacidad de análisis, síntesis y evaluación, capacidad de identificar y resolver problemas, la buena comunicación oral y escrita, y otras más. Todas estas HAV pretenden preparar al estudiante para enfrentar el futuro con liderazgo y participación.

En los últimos cinco años, la División de Ingeniería y Arquitectura del ITESM-CEM a través de su departamento de Matemáticas ha instrumentado diversos proyectos y cursos piloto que buscan enfatizar el desarrollo de las HAV en los cursos que el departamento imparte. Entre los proyectos que más éxito han tenido destacan los dos siguientes: "Uso de la computadora en matemáticas" y "Un sistema de evaluación automatizada y prácticas de autoevaluación del aprendizaje". Los objetivos principales de estos proyectos fueron: incorporar la tecnología en las clases de matemáticas y dar seguimiento al aprendizaje de los estudiantes. Con apoyo en estos dos proyectos se pudieron observar problemas existentes en la enseñanza y en el aprendizaje de las matemáticas en nuestros profesores y estudiantes. Se encontró, por ejemplo, que existe poca retención de conocimientos en los alumnos, que los cursos son bastante dirigidos, que están centrados en el álgebra, que se abusa en el uso de las reglas y los algoritmos ortodoxos y que no se logra el completo desarrollo de un pensamiento matemático. Por otra parte, se observó que los cursos carecen de aplicaciones en las áreas de interés de los estudiantes y que la densidad de los programas restringe el uso de aplicaciones.

El proyecto Principia nace con la idea de superar todas estas dificultades y de apoyar el desarrollo en nuestros estudiantes de una cultura matemática, física, tecnológica y dinámica que le permita enfrentar diversas situaciones que requieran de planteamientos físicos y matemáticos con éxito. Principia es un proyecto que busca establecer un nuevo esquema autorregulado de educación en la ingeniería que permita optimizar el proceso de enseñanza y que amplíe el espectro de aprendizaje de los estudiantes en sus diversas áreas. Por otra parte, contempla el desarrollo del espacio y del ambiente en que se da este proceso de enseñanza aprendizaje. Considera importante implementar una estrategia educativa en matemáticas, física y computación que permita desarrollar las actitudes, habilidades y valores de la misión del ITESM. En este trabajo presentamos algunas de las características más importantes del proyecto y parte de la metodología educativa empleada.

El programa Principia

El programa Principia es un modelo de enseñanza-aprendizaje de las Ciencias Básicas apoyado en la tecnología, que desarrolla en los alumnos de ingeniería las habilidades de trabajo en equipo, autoaprendizaje, creatividad, análisis y síntesis de la información en concordancia con los objetivos de la misión del ITESM, y que se sustenta en los cinco siguientes principios fundamentales:

- a) La integración del currículum de las materias de Matemáticas, Física y Computación del tronco común.
- b) El aprendizaje colaborativo.
- c) El trabajo en equipo.
- d) El énfasis en la modelación matemática como herramienta fundamental de las Ciencias y la Ingeniería.
- e) El uso de la tecnología en el aprendizaje.

El objetivo y principios de este proyecto fueron definidos como resultado de un estudio de investigación que tiene su origen en las deficiencias del modelo educativo en el área de las Matemáticas y en las Ciencias Básicas, con relación a la ingeniería. Habiendo identificado estas deficiencias tanto en el proceso de enseñanza como en el de evaluación del aprendizaje se buscan nuevas alternativas a seguir que han sido experimentadas ya en el ambiente educativo. A raíz de esta investigación se seleccionan aquellos elementos y metodologías que han resultado exitosos en cuanto al impacto que tienen sobre el desarrollo de ciertas habilidades, actitudes y valores, en particular aquéllos que por ser enunciados en la nueva misión del ITESM, adquieren un valor relevante para alcanzarla. Cabe mencionar que aspectos emocionales en el proceso de enseñanza-aprendizaje y en el diseño de espacios físicos y tecnología son considerados e integrados como una necesidad que afecta dicho proceso.

Para seguir estos principios se recurre a diversas actividades que constituyen la parte operativa y metodológica del mismo. Las actividades más recurrentes dentro del programa son:

- Cátedra
- Lecturas
- Resolución de ejercicios
- Laboratorio
- Exposición
- Evaluación de área
- Aprendizaje basado en Problemas
- Aprendizaje basado en Proyectos
- Aprendizaje con uso de tecnología
- Evaluaciones integradoras

De éstas, las seis primeras corresponden a las actividades clásicas en el aula. Las tres últimas han sido introducidas en Principia ocupando hasta un 50% del tiempo efectivo del programa y como elementos básicos de la estructura del mismo. Cabe mencionar que estas actividades no son mutuamente exclusivas y por ello algunos elementos de éstas pueden aparecer en otras.

La integración curricular

La integración curricular es, de los cinco principios, el eje motriz de las actividades del programa, siendo los cuatro restantes el medio. Pero lograr una integración curricular dentro de Principia implicaba introducir actividades adicionales que requerían no obstante, de tiempo adicional, lo cual debía reducirse al máximo a fin de conseguir un equilibrio con su esquema antecesor tradicional. Por ello, era importante que las actividades de la segunda columna del punto anterior permitieran:

- a) Considerar los contenidos de todas las áreas integradas y de los objetivos a largo plazo (área de especialidad del estudiante).
- b) Reducir los tiempos de exposición de una clase tradicional para invertirlo en las propias actividades integradas, a la vez más extensas y recurrentes. Ello implica que estas actividades fueran claras en sus objetivos y alcances, además de ricas en el autodescubrimiento del estudiante.
- c) Explotar la recurrencia de los contenidos de las actividades para lograr aprendizajes significativos y de largo plazo.

<i>Semestre</i>	<i>Matemáticas</i>	<i>Física</i>	<i>Computación</i>
Primero	Cálculo diferencial de funciones de una variable, funciones vectoriales, elementos básicos de cálculo integral y ecuaciones diferenciales.	Mecánica.	Los paquetes Microsoft Office y Mathematica.
Segundo	Cálculo integral de funciones de una variable y funciones de varias variables. Campos vectoriales.	Mecánica, elasticidad, termodinámica.	El paquete Matlab y el lenguaje C++.
Tercero	Integral múltiple y ecuaciones diferenciales ordinarias. Probabilidad y estadística.	Electromagnetismo y física moderna.	Métodos numéricos.
Cuarto	Sistemas de ecuaciones diferenciales y modelación.	Estudio de sistemas mecánicos y eléctricos.	Simulación.

Tabla 1. La currícula general de Principia.

En la tabla 1 se muestran a grandes rasgos las diferentes temáticas básicas por semestre del proyecto Principia, bajo el esquema de currícula integrada¹.

Un interés adicional por parte del ITESM era y es, el incluir como currícula oculta el desarrollo de las HAV de la Misión en la medida de las posibilidades de las áreas respectivas. En la tabla 2 se muestran algunas de las HAV seleccionadas para el proyecto y las actividades realizadas para desarrollarlas según un estudio desarrollado por el departamento de Matemáticas con la colaboración de los departamentos de Ciencias Básicas y Sistemas de Información.

De esta forma, el reto de desarrollar e implementar actividades de resolución de problemas y proyectos integrados en Principia implica el considerar al menos todos estos elementos como parte de una currícula extendida.

HAV	Actividades
Trabajo en equipo.	Resolución de problemas, proyectos y evaluaciones integradoras.
Aprender por cuenta propia.	Lecturas, resolución de problemas, proyectos y evaluaciones integradoras.
Uso de la tecnología.	Trabajo con diversos paquetes y la enseñanza del lenguaje C++, problemas y proyecto.
Capacidad de análisis, síntesis y evaluación.	Resolución de ejercicios, problemas, proyectos y tareas.
Capacidad de identificar, resolver y generar problemas.	Resolución de problemas y proyectos, evaluaciones integradoras.
Buena comunicación oral y escrita.	Reportes de tareas y ejercicios, problemas, proyecto y presentaciones personales y en equipo.
Alta capacidad de trabajo.	Proyecto y resolución de problemas.
Aprecio por la cultura.	Lecturas y cátedra.

Tabla 2: Relación entre desarrollo de HAV y actividades de Principia

¹ Esta currícula es el resultado de la sinergia del programa. La currícula tradicional es menos extensa.

El ambiente colaborativo y el uso de tecnología

1) El uso de metodologías colaborativas, de la tecnología en el aula y el aprendizaje

Como se señaló antes, los soportes metodológicos del modelo son:

- Método Harvard. Este método proporciona guías para desarrollar las matemáticas a través de aplicaciones y sugiere que los conceptos matemáticos deben presentarse considerando aspectos geométricos, numéricos, gráficos y algebraicos.
- La estrategia de solución de problemas de Polya [1]. Se pretende que el estudiante analice un esquema de solución de problemas y rescate los elementos que le sean de mayor utilidad.
- La ontología del lenguaje. Se utiliza para establecer conversaciones con los estudiantes más efectivas, considerando la relación alumno-profesor desde una perspectiva más humanista [2].

La tecnología se utiliza de diferentes formas. La tabla (3) muestra algunos aspectos y los objetivos buscados. Cabe resaltar que el diseño del espacio (aula equipada y espacios complementarios) surge de manera natural al considerar los procesos que suceden en nuestras actividades. El aula es un salón para 80 personas con divisiones móviles, con 20 mesas de trabajo en equipo que permiten conexiones a la red de internet vía computadoras portátiles. Adicionalmente existen zonas de lectura, consulta de material audiovisual y biblioteca básica, todas ellas complementarias a las aulas. El 100% del programa es administrado y sostenido por la plataforma Learning Space.

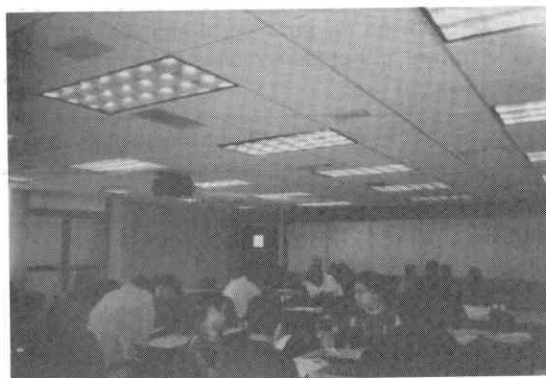


Fig. 1. Una de las aulas del programa Principia

Tecnología	Actividades	Objetivos
Paquetes Mathematica y Matlab.	Clínica, prácticas, tareas y proyectos.	Que el estudiante aplique sus conocimientos de física, matemáticas y computación a problemas de mayor complejidad que los vistos en cursos tradicionales.
Uso de World Wide Web.	Captura de encuestas, lecturas, prácticas. Hoja de estilos de aprendizaje.	Facilitar el proceso de captura de información. Aplicar la tecnología en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Vincular al estudiante con la tecnología.
Sistema de captura electrónica.	Captura y evaluación de las prácticas de autoaprendizaje y evaluación y autoevaluación en el proyecto.	Controlar la habilidad de aprender por cuenta propia de los estudiantes.
Computadora portátil.	Clínica, prácticas, tareas y proyectos.	Que el estudiante utilice los elementos tecnológicos de vanguardia.
Paquetes de oficina como Microsoft Office.	Clínica, prácticas, tareas, proyectos y presentaciones.	Desarrollar estrategias numéricas y gráficas para la resolución de problemas, así como las habilidades de comunicación oral y escrita.
Aula equipada.	Todas las del proyecto.	Vincular al estudiante con los máximos adelantos tecnológicos.

Tabla 3. Tecnología, HAV y objetivos.

En concordancia con los soportes anteriores la parte académica se trabaja con las metodologías de resolución de ejercicios y con el aprendizaje basado en problemas y/o proyectos. Con la primera (aunada a la cátedra) permitimos el avance de cada una de las áreas en el cubrimiento de sus objetivos específicos y particulares, mientras que con la segunda realizamos la mayor parte de la integración de las áreas. En todas ellas se utiliza la estrategia de aprendizaje colaborativo.

1) El aprendizaje basado en problemas

El aprendizaje colaborativo entre estudiantes se desarrolla en el programa en diversas actividades, principalmente en:

- a) La resolución de ejercicios, en donde los estudiantes dejan sus equipos básicos hacia nuevos y efímeros equipos para resolver situaciones académicas de nivel intermedio cuyo objetivo es desarrollar competencias elementales en cada área. La actividad culmina con el reingreso a sus equipos básicos para transmitir, compartir y enriquecer el conocimiento de sus miembros.
- b) La resolución de problemas, que en su diseño integra la organización de la resolución de ejercicios en la resolución (y el aprendizaje de elementos de resolución) de un problema con currículum integrado y en donde se requiere además el uso de tecnología para su desarrollo.
- c) El desarrollo de proyectos, que es la resolución abierta de una situación compleja y que involucra la adquisición de conocimientos adicionales a la currícula y en donde normalmente se explotan los aprendizajes futuros en las áreas de especialidad y los problemas de punta en las mismas.

Aquí, como una actividad representativa de diseño, se presentan algunas experiencias de la resolución de problemas integrando uso de tecnología.

Como menciona Douady [3], "Para un profesor, 'enseñar' se refiere a la creación de las condiciones que producirán la apropiación del conocimiento por parte de los estudiantes. Para un estudiante, 'aprender' significa involucrarse en una actividad intelectual cuya consecuencia final es la disponibilidad de un conocimiento en su doble estatus de herramienta y objeto".

Esta reflexión nos permite entender la complejidad de un proceso de enseñanza-aprendizaje ideal, y de que más allá del conocimiento, son otros los elementos que participan en su aprehensión. En este sentido, decimos que este proceso es multidimensional, siendo el conocimiento apenas una de las dimensiones.

Más allá de las ideas de Polya, la resolución de problemas en todos sus aspectos nos lleva a la consideración de elementos que están presentes a veces como parte natural de un problema matemático, y en otras, relacionados a los procesos de pensamiento involucrados, amén de aquellos que bajo determinados objetivos son perseguidos de manera paralela. Normalmente, los ele-

mentos coincidentes de diseño de una actividad de resolución de problemas [4, 5, 6, 7] contemplan:

- Objetivos
- Requisitos
- Material
- Instrumentación
- Guión de la discusión
- Evaluación

Adicionalmente a estos elementos, diversos autores consideran los anteriores aspectos dentro del nivel propio del problema, mencionando que existe un segundo nivel que corresponde al ambiente del mismo. Respecto al ambiente, Pirie y Kieren (1992) [8], resumen la consideración de este nivel en cuatro principios:

- a) Considerar que el logro de la actividad puede no ser alcanzado o no como se esperaba por algunos estudiantes.
- b) El problema puede modificar la comprensión matemática del estudiante.
- c) Considerar que hay diferentes vías para alcanzar una comprensión matemática similar.
- d) Para cualquier tema hay diferentes niveles de comprensión y éstos nunca se alcanzan de 'una vez por todas'.

Adicionalmente, la consideración de uso de la tecnología dentro de una actividad de resolución de problemas debe tomar en cuenta al menos:

- a) La tecnología empleada no debe equipararse o superar en complejidad el problema a resolver.
- b) El uso de tecnología debe ser significativo, es decir, debe estar justificado en que el problema no puede resolverse sin el uso de ésta o al menos debe constituirse como un apoyo que facilite al estudiante enfocarse en los conceptos o apoyarse en ella como una posible vía de comprensión matemática.

Estos elementos son considerados normalmente como una base para la creación de un problema típico. Sobre ellos deben construirse o considerarse aún, algunos elementos particulares de toda actividad de resolución de problemas.

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS															
A M B I E N T E	DIMENSIONES								Elementos						
	A	Niveles	C	Niveles	M	Niveles	T	Niveles	F	Niveles	Dimensiones primarias que los definen				
	PROBLEMA	P o s i b l e s e s t r a t e g i a s p o r l a s q u e e l p r o b l e m a p u e d e s e r r e s u e l t o	U n i v e r s i t a t e	M a t e m á t i c a s	F i s i c a	C o m p u t a c i o n	I n g e n i e r í a	A p r e n d i z a j e s p r e v i o s (a n t e s)	O b j e t i v o s a l a r g o p l a z o (d e s p u é s)	S i g n i f i c a n c i a		S e n c i l l e z	M e d i o	O b j e t i v o	H A V q u e p u e d e n d e s a r r o l l a r s e: T r a b a j o e n e q u i p o T r a b a j o c o l a b o r a t i v o A n á l i s i s y s i n t e s i s d e i n f o r m a c i o n I d e n t i f i c a r y r e s o l v e r p r o b l e m a s C u l t u r a d e l t r a b a j o U s o e f i c i e n t e d e l a t e c n o l o g í a
											Objetivos: C, F	Requisitos: M, T	Instrumentación: A, C, M, T, F	Guión: A, M, T, F	Evaluación: A, C, M, T

Tabla 4: Dimensiones del diseño

En Principia, el cumplimiento de las consideraciones anteriores y de los principios básicos del programa, así como de los objetivos de la Misión del sistema plantea para el diseño de una actividad de resolución de problemas el cuidado de las dimensiones siguientes:

- **El ambiente (A):** se refiere a las situaciones reales que pueden ocurrir al desarrollar la actividad en cuanto al nivel de comprensión alcanzado o utilizado por el estudiante, tal y como en el esquema clásico.
- **El currículum (C):** los contenidos en los que se centra la actividad y para los que básicamente es creada. El currículum es el centro tradicional de la enseñanza, pero en una actividad de resolución de problemas debe supeditarse a otros elementos. Adicionalmente, en Principia debe considerarse la currícula de cada área.
- **El marco de análisis (M):** se refiere también a la currícula de las áreas integradas, pero en el sentido en que se retoman objetivos previos (retrospectivos) y objetivos futuros (introspectivos) para enriquecer y facultar el problema, fomentar la retención a largo plazo de otros conocimientos y detectar la necesidad de los futuros.
- **El uso de tecnología (T):** aquellos elementos tecnológicos (software, laboratorio, medios, etc.) que integra la actividad. Esta dimensión debe establecer un análisis de su plausibilidad, su significancia y del papel que juega en dicha actividad.

- **Desarrollo de objetivos formativos (F):** en el contexto del ITESM, esta dimensión cuida que de manera natural se cuiden aquellas HAV mencionadas por la Misión del mismo.

Estas dimensiones y sus niveles son resumidas en la tabla 4. Esta tabla faculta el análisis y mejora del diseño, pues una vez determinado el problema, este puede ser seccionado en los elementos constitutivos que se quieren cuidar. En ocasiones, la falta de estos elementos en un problema que se creía adecuado conllevan a modificarlo o incluso desecharlo.

La importancia de crear una red de problemas consistente con las dimensiones anteriores permite articular una sensibilidad al alumno de estabilidad con respecto a lo que se persigue en cada una de estas actividades.

Mencionábamos antes que algunas de las actividades no tradicionales en Principia son: Aprendizaje basado en Problemas, Aprendizaje basado en Proyectos, Aprendizaje con uso de tecnología, Evaluaciones integradoras. Dentro de Principia existen pocas actividades con uso de tecnología *per se* y los proyectos (3 por semestre), aunque retoman muchos de los elementos y dimensiones aquí mencionados, pertenecen a un grado diferente y en ocasiones tienen más similitud a los problemas de final abierto. Por esta razón,aremos enfocar nuestra atención en este reporte al aprendizaje basado en problemas y a las actividades de evaluación integradora, que como estándar utilizan la tecnología en el aprendizaje (por lo que se considera como una dimensión de diseño).

En una sesión de problemas típica y completa de Principia se distinguen tres etapas que se esquematizan en la tabla 5. La idea de estas etapas es introducir paulatinamente al alumno en un tema hasta poder culminar un problema aplicado que esté cimentado en el dominio del mismo. En algunas actividades, sin embargo, las etapas I y II pueden estar ausentes y de manera invariable lo están en toda actividad de Evaluación integradora. No obstante, el diseño de éstas es el mismo, aunque el guión cambia por supuesto. El requisito fundamental en aquellas actividades “incompletas” es que estos elementos hayan sido cubiertos de manera previa por otras de las actividades.

ETAPAS DE UNA ACTIVIDAD DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS			
	ETAPA I: adquisición de conocimientos	ETAPA II: aprendizaje colaborativo	ETAPA III: problema
Instrucciones y reglas	Profesor: no da información, pero orienta y retroalimenta a cada equipo sobre sus acciones. Alumno: cada equipo puede recurrir a las fuentes de información necesaria.	Profesor: no da información, orienta sobre la actuación y participación de cada experto. Alumno: no puede interactuar con otros equipos, permite que cada experto hable en cada sección de la actividad.	Profesor: no da información, cuida tenazmente el tiempo y orienta al equipo al objetivo. Alumno: no puede interactuar con otros equipo, permite que cada miembro participe por igual.
Elementos de acción	Se definen áreas de especialización. Se conforman los equipos expertos con base a las habilidades de cada estudiante.	Se define una actividad de aplicación inmediata que permita la interacción e intercambio de experiencias de cada experto con sus compañeros de equipo.	Se plantea un problema aplicado que involucre la aplicación de las etapas previas, y de otros contenidos dentro del marco de análisis planteado.
Forma de trabajo	Cada equipo base se divide para formar equipos expertos integrados por elementos de diferentes equipos.	El equipo base se reúne para resolver una actividad intermedia en donde cada experto aporta al grupo sus conocimientos.	El equipo base se orienta como equipo a resolver el problema.
Evaluación ²	Cada equipo experto expone y se le evalúa respecto al cumplimiento de las actividades específicas enunciadas en el guión.	La evaluación es de campo (en cuanto a la eficiencia y forma de trabajo del equipo) y principalmente en el alcance del objetivo planteado en la actividad.	La evaluación se centra en el reporte in situ que elabora el equipo y al reporte anexo que puede entregar el equipo en la clase siguiente.

Tabla 5: Las etapas completas de una actividad de resolución de problemas

La creación de una red de problemas bajo estas consideraciones y que establecen un marco de análisis, permite evaluar la recurrencia hacia temas anteriores y la perspectiva hacia temas futuros. De esta manera, más importante que el problema, resulta toda la red pues es esta la que permite dar consistentemente sentido a esta actividad dentro del curso.

Particularmente el empleo de actividades de resolución de problemas dentro de los cursos de Matemáticas y Física empleando a la Computación como herramienta de desarrollo dentro de Principia, no ha constituido un factor de distorsión a la educación al menos sobre el grupo de estudiantes voluntarios sobre los que opera actualmente el programa. Las evaluaciones de éstos han permanecido dentro de la evaluación global (curricular y extracurricular) y la consistencia con los resultados obtenidos es alta.

En un estudio de evaluación sobre la efectividad de los problemas, los estudiantes los evalúan (en promedio) con 9.56 (escala sobre 10) y una des-

² Ver [9] para una descripción pormenorizada de la evaluación.

viación de 0.4. La aplicación de este tipo de actividades se ve más fuerte influenciada por la preparación del profesor para dirigir la actividad que por la del mismo estudiante [10].

Estudios de efectividad del programa

La Dirección de Efectividad Institucional (DEI) de la Rectoría Zona Sur del ITESM, ha sido el área de evaluación del proyecto desde su inicio, siempre en colaboración con los profesores que trabajan en el programa. Desde 1998 se han realizado más de 14 estudios sobre los efectos en el aprendizaje en alumnos que participan en el programa. Estos estudios van desde lo cualitativo hasta lo cuantitativo, y de local a lo global. A continuación se presentan algunos esquemas de evaluación de efectividad que muestran a grandes rasgos algunas de las bondades del mismo.

a) Índice de consistencia de actividades colaborativas

Si bien diversos estudios de efectividad se han realizado sobre las redes de problemas del programa, a continuación (**figura 2**) se presenta de manera ilustrativa el *índice de consistencia* de cada problema de uno de los cursos intermedios, junto con su desviación estándar (la numeración es el número cronológico del problema), que se obtiene dividiendo la evaluación del estudiante en la actividad entre su evaluación global en el período. De esta forma una evaluación por arriba de 1.0 indica que la actividad es sencilla y por abajo que es complicada para el grupo. Estas gráficas permiten determinar correcciones sobre las actividades y adaptarlas semestralmente. Esta prueba está referida a un grupo de 40 estudiantes.

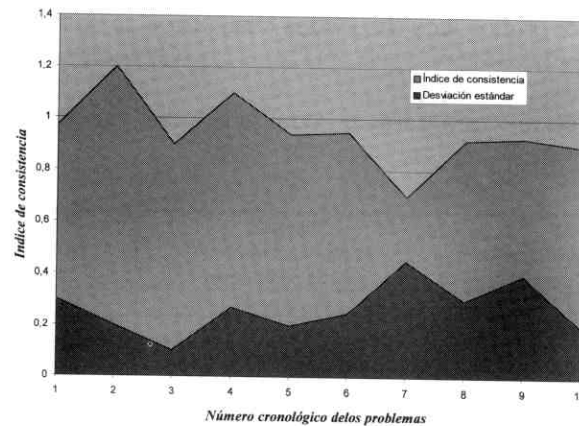


Figura 2: índice de consistencia de una red de problemas

b) Opinión de estudiantes sobre el programa en el desarrollo de HAV

Respecto de la evaluación que los estudiantes hicieron del proyecto, se aplicó la prueba siguiente cuyos objetivos fueron:

- Analizar los efectos del proyecto Principia en el desarrollo de habilidades, actitudes y valores en los estudiantes
- Comparar los efectos del proyecto con los de cursos equivalentes.

Las dimensiones del estudio fueron:

- | | |
|------------------------------------|---|
| ■ Liderazgo | ■ Creatividad |
| ■ Análisis, síntesis | ■ Uso de información y telecomunicaciones |
| ■ Pensamiento crítico | ■ Capacidad de trabajo |
| ■ Comunicación | ■ Aprender por cuenta propia |
| ■ Trabajo en equipo | ■ Solución de problemas |
| ■ Búsqueda y manejo de información | ■ Aprendizaje |
| ■ Espíritu emprendedor | ■ Motivación |
| ■ Calidad y excelencia | |

En el estudio se le pidió al estudiante que comparara el grado en el que el curso ayudó a desarrollar cada habilidad, actitud o valor de los enunciados anteriormente con el promedio de sus demás materias cursadas, en una escala de 0 a 10, donde 0 es mucho menos, 5 igual y 10 mucho más. Se empleó para este estudio una adaptación del instrumento de "Auto-evaluación de Habilidades, Actitudes y Valores" (DEI-RZS, 1996). Los resultados cuantitativos se sometieron a análisis de varianza (Prueba F) y comparaciones post hoc de diferencias entre grupos. Los resultados cualitativos se sometieron a pruebas de asociación (χ^2).

El estudio fue aplicado a tres grupos de estudiantes según se describe a continuación:

Principia Profesores Principia Programa Principia	Testigo 1 Profesores Principia Materia equivalente	Testigo 2 Profesores no Principia Materia apareada
Profesor 1	Profesor 1	Profesor 6
Profesor 2	Profesor 2	Profesor 7
Profesor 3	Profesor 3	Profesor 8
Profesor 4	Profesor 4	Profesor 9
Profesor 5	Profesor 5	Profesor 10
26 alumnos	154 alumnos	111 alumnos

A continuación (**Fig. 3**) se muestran los resultados comparativos para cada grupo y dimensión del estudio en que se obtuvo la menor y mayor discrepancia respecto de la evaluación dada al programa Principia, respectivamente:

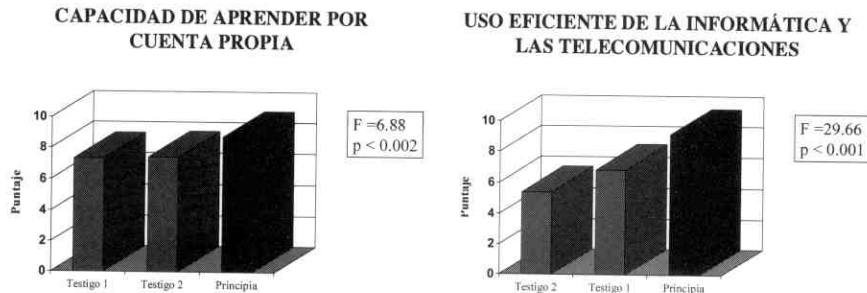
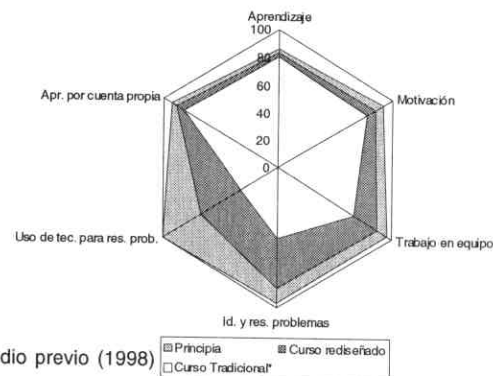


Figura 3: HAV con menor y mayor discrepancia en evaluación con relación a los cursos de Principia obtenida en la opinión de alumnos

c) Evaluación basada en observables medibles a través de evaluaciones

La siguiente prueba compara tres poblaciones diferentes en un mismo curso (curso terminal del programa). Uno de ellos corresponde al programa Principia, otro más (tradicional) a como se impartía en 1995 y por último (rediseñado), a como se imparte actualmente bajo las características del nuevo modelo educativo y genérico del ITESM. Se comparan algunos aspectos que se derivan de evaluaciones de actividades propuestas en la materia y que reflejan de manera indirecta la evidencia de la dimensión en cuestión (las evaluaciones son consideradas en escala de 100).



*Referido a un estudio previo (1998)

Figura 4: comparación de diferentes esquemas de enseñanza aprendizaje en el ITESM con relación al programa Principia, basado en evaluaciones de estudiantes en uno de los cursos terminales del programa.

Actualmente se prepara una prueba basada en el criterio que compara con un grupo testigo el desempeño de dos grupos de estudiantes (Principia y tradicional) la capacidad para resolver problemas integrados. Este estudio finalizará en julio de 2000. El estudio pretende medir el efecto recurrente de la realización de actividades colaborativas, uso de tecnología y aquellas otras propias del programa sobre el grupo Principia.

Referencias bibliográficas

- (1) POLYA, G. How to solve it. Dover, 1948.
- (2) ECHEVERRÍA, R. Ontología del Lenguaje. Dolmen Estudio, 1994.
- (3) ARTIGUE, D., et al. Ingeniería didáctica en educación matemática. Grupo Editorial Iberoamérica, 1995.
- (4) Cómo plantear y resolver problemas. México: Trillas, 1965.
- (5) Matemáticas y razonamiento plausible. Madrid: Tecnos, 1966.
- (6) Mathematical discovery. New York: Wiley, 1962-
- (7) KOUBA, V. L. Self-Evaluation as an act of teaching. Mathematics Teacher, 1994.
- (8) PIRIE, S. R. B.; Kieren, T. E. Creating constructivist environments and constructing creative mathematics. Kluwer Academic Publishers, 1992.
- (9) La resolución de problemas en las clases de matemáticas ilustrada: una red de problemas que prepara algunas situaciones típicas del cálculo. Memorias del VI Simposio Internacional en Educación Matemática. Elfriede Wenzelburger, 1997.
- (10) PRADO, C.; Santiago, R. La definición de actividades y de los roles del profesor y el alumno dentro de Principia. ITESM-CEM, 1998.

