
MODELACIÓN DE ECUACIONES ESTRUCTURALES PARA LA EVALUACIÓN FORMATIVA DE LOS PROGRAMAS EDUCATIVOS

Resumen / Abstract

En la Universidad de Quintana Roo, México, buscando un sistema de evaluación de la calidad enfocado a orientar de modo dinámico las acciones hacia las metas de calidad deseadas en las carreras de ingeniería, se ha experimentado un modelo que permite monitorear el impacto que tienen las acciones y los recursos empleados, indicando cuáles procesos requieren atención prioritaria. La metodología de análisis se basa principalmente en la modelación de ecuaciones estructurales, con los objetivos de analizar si el modelo se ajusta a los datos colectados y cuáles factores están correctamente representados. Los resultados indican qué factores están pobremente medidos y las interrelaciones existentes.

At the University of Quintana Roo in Mexico, searching for a quality assessment system focused on giving a dynamical orientation to the actions towards the desired quality goals of the engineering careers, there has been experiment a model which allows monitoring the impact of the taken actions and resources, indicating which processes requires priority attention. The methodology of analysis is based mainly upon the structural equation modeling, with the objectives of analyzing the goodness of fit of the model to the collected data and how well are represented the factors. The results point out which factors are poorly measured and the existing relationships.

Palabras clave / Key words

Evaluación de la calidad, educación superior, estadística multivariada, ecuaciones estructurales.

Quality assessment, higher education, multivariate statistics, structural equation modeling

Jaime Dionisio Cuevas Domínguez,
Ingeniero Industrial, Máster en Ciencias de la Ingeniería Industrial, Profesor-Investigador Asociado C, Universidad de Quintana Roo, México
e-mail:jaicueva@uqroo.mx.

Aida G. Rodríguez Hernández,
Ingeniera Industrial, Doctora en Ciencias Técnicas, Profesora Titular, Facultad de Ingeniería Industrial, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, Ciudad de La Habana, Cuba
e-mail:aida@ind.cujae.edu.cu

Recibido: Julio del 2007

Aprobado: Septiembre del 2007

INTRODUCCIÓN

La evaluación de calidad de los programas de ingeniería en México está guiada por los marcos de referencia emitidos por el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI), definidos por diez variables relevantes o categorías, que a su vez son medidas por indicadores cualitativos y cuantitativos conocidos como requisitos mínimos y deseables.¹ Aún con los múltiples beneficios que tiene el realizar este tipo de ejercicios, estudios internacionales indican que los actores perciben que son prescriptivos y que requieren evolucionar,² a procesos que aumenten la capacidad explicativa sobre la relación de las variables relevantes.

Por otra parte, los distintos enfoques sistémicos que se han desarrollado en la industria y que se han adecuado a las organizaciones de educación superior para incidir en la mejora de la calidad con el uso de información oportuna, como son los sistemas de gestión, basados en las normas ISO 9000/2000, los cuadros de mando integral y el enfoque OPM (Organizational Performance Measurement), tienen también retos importantes en la aplicación de metodologías estadísticas para potenciar la evaluación y en consecuencia la toma de decisiones.³

Como guía para la evaluación de los programas*, la American Evaluation Association sugiere usar un modelo causal basado en la teoría que sirva de sustento en todo el proceso de evaluación.⁴ Esa teoría debe ilustrar los supuestos principales de cómo se espera que funcione el programa, identificando las variables relevantes, que suelen ser conceptos o constructos, también conocidos como variables latentes y que no puede ser medidos directamente, requiriéndose seleccionar los indicadores o variables que mejor las representen.

Estudios de investigación⁵ muestran que la modelación de las ecuaciones estructurales (SEM) puede ser una opción atractiva para la evaluación multisitios**, por lo que en este trabajo se propone determinar la potencialidad de la modelación de las ecuaciones estructurales en la evaluación de programas en una sola organización, presentándose el caso de los programas de ingeniería de la Universidad de Quintana Roo, México:

Las preguntas de investigación a responder son:

-¿El modelo lógico planteado para la evaluación de los programas de ingeniería ajusta en forma global con los datos recopilados?

- Si el modelo ajusta en sus componentes o globalmente, ¿cuáles contribuyen a los resultados?

- ¿Puede mejorarse el ajuste con modelos alternativos?

MODELACIÓN DE ECUACIONES ESTRUCTURALES

La modelación de ecuaciones estructurales (SEM) o modelo de estructuras de covarianzas, se difunde principalmente por los trabajos sobre ecuaciones simultáneas de Joreskog,⁶ y más tarde por el modelo y paquete computacional LISREL (Linear Structural Relationship), que permite establecer relaciones entre las variables latentes, representándose en dos partes: un modelo de medida para establecer la relación de las variables latentes con las variables observables que mejor las representen y un modelo de estructuras para establecer la relación de causalidad entre las variables latentes.

El método SEM estima los coeficientes de relación y su significación estadística partiendo de una matriz de estructuras y genera indicadores de ajuste del modelo en relación con los datos.

La premisa básica para utilizar SEM es de acuerdo con Joreskog:⁵

Donde los métodos de análisis de regresión ordinarios no son suficientes en estudios los cuales están sujetos a errores de medición o variaciones no controladas y el propósito es estimar relaciones entre las variables en cuestión. Y el problema esencial del análisis de datos donde la experimentación no es posible o impráctica, no es una predicción empírica, sino la estimación de la interrelación estructural entre variables observables cuantitativas.

* Según la American Evaluation Association, un programa se define como la intervención o servicio prestado.

** Se refiere a la evaluación realizada a un determinado número de programas homogéneos de distintas organizaciones o dependencias.

Las etapas realizadas para el desarrollo del trabajo son las recomendadas por la literatura: especificación, identificación, estimación de los parámetros, evaluación del ajuste, interpretación y reespecificación del modelo.⁷

ESPECIFICACIÓN DEL MODELO

La modelación se realiza en el nivel de los cursos, por dos razones: El número de cursos suele ser grande, necesario para utilizar SEM; y el curso es la unidad básica de formación de los programas a nivel de licenciatura, y por tanto las estrategias intentadas se reflejan en este nivel.

Para la especificación completa del modelo, se parte de la identificación de las variables relevantes en el nivel de los programas educativos (carreras), como referencia para la identificación de este tipo de variables en el nivel de los cursos.

Los programas de ingeniería pueden ser modelados con diferentes metodologías, como el enfoque OPM,⁸ partiendo de los requerimientos de los beneficiarios o actores, como son los órganos acreditadores, los estudiantes, los maestros, la sociedad y los gobiernos. Estos requerimientos son coincidentes con el paradigma de buena calidad definido por el gobierno federal mexicano para los programas educativos (carreras) y expresan las variables relevantes, de los insumos, procesos y resultados a corto y mediano plazo, sobre los cuales se trazan los planes estratégicos cuyo instrumental en México se rige por el Programa Institucional de Fortalecimiento Institucional (PIFI). Las variables del paradigma son:

- Una amplia aceptación social por la sólida formación de sus egresados.
- Altas tasas de titulación o graduación.
- Profesores competentes en la generación, aplicación y transmisión del conocimiento, organizados en cuerpos académicos.
- Un currículo actualizado y pertinente.
- Procesos e instrumentos apropiados y confiables para la evaluación de los aprendizajes.
- Servicios oportunos para atención individual y en grupo de los estudiantes.
- Infraestructura moderna y suficiente para apoyar el trabajo académico de profesores y alumnos.
- Sistemas eficientes de gestión y administración.
- Un servicio social articulado con los objetivos del programa educativo.

Selección de las variables relevantes o constructos

Para la selección de las variables relevantes se consideran dos partes: un modelo lógico, que indique cómo se espera que funcione el curso y qué datos pueden ser factibles de ser recopilados con oportunidad.

Partiendo del paradigma de buena calidad, una primera aproximación para la construcción del modelo asume que: los profesores competentes, programas de cursos actualizados, evaluación confiable, y los servicios e infraestructura adecuada que dispongan los alumnos, influyen de forma positiva en el proceso del curso representadas por las actividades de aprendizaje y en consecuencia en los resultados de los alumnos. Estas variables relevantes, sus relaciones y los procesos de donde provienen son resumidos en la tabla 1.

Para el constructo Actividades de aprendizaje, no se pudieron recopilar con oportunidad los datos que se requerían para medirlo adecuadamente, por lo que se elimina de los análisis posteriores, reduciéndose el modelo a los insumos y resultados de la tabla 1, siendo una limitante de este trabajo. Las variables relevantes son: Profesores competentes, Programa de curso actualizado, Evaluación confiable, Servicios e Infraestructura y Resultados.

Proceso Tributante	Insumos	Proceso (Curso)	Resultados
Desarrollo de profesores	Profesores competentes		
Desarrollo de planes y programas	Programa de curso actualizado, evaluación confiable		
Aprovisionamiento de recursos	Servicios e infraestructura		
		Actividades de aprendizaje	
			Resultados del curso

Probablemente se cuestione si el constructo Evaluación confiable es una actividad del proceso o un insumo; cabe aclarar que se considera insumo porque las estrategias implementadas impulsan el uso de exámenes departamentales, los cuales previamente deben registrar su impacto y ponderación en el programa del curso.

Por otro lado, los programas de ingeniería en México se caracterizan por tener resultados diferenciados en los distintos tipos de cursos, siendo las Ciencias Básicas las que mayor índice de reprobación presentan, y se presume que el tamaño de los grupos también crea diferencias, por lo que se incluye un constructo denominado Control para considerar estos efectos.

Modelo estructural

En la sección anterior se limitaba el modelo a la influencia de los insumos en las salidas, es decir, la influencia de los profesores, programa de curso, servicios e infraestructura, y control en los resultados, sin embargo, se replantea que programa de curso está influenciado por otras variables relevantes, por tanto, es por un lado independiente en el caso de su influencia en los resultados, pero dependiente en el caso de su relación con las otras variables relevantes, el modelo estructural representado únicamente por las elipses y las flechas que las relacionan se muestra en la figura 1.

Puede observarse cómo las variables latentes independientes o exógenas, son Profesor competente (Profesor), Servicios e Infraestructura (Infraes) y Control, y una variable dependiente o endógena es Resultado. Para el caso de Programa, aunque es dependiente en una relación e independiente en otra, es necesario definirla como endógena para el paquete LISREL.

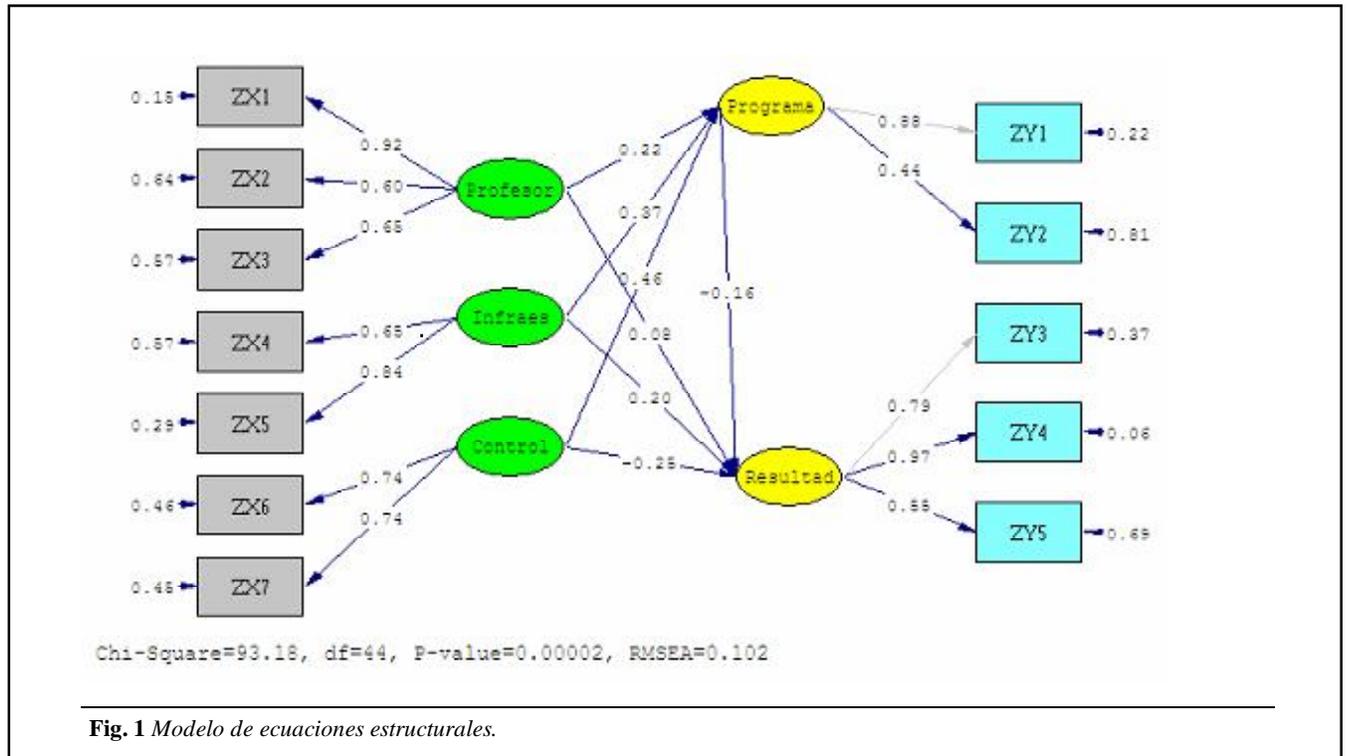


Fig. 1 Modelo de ecuaciones estructurales.

Modelo de medida

El modelo de medida, es decir, cuáles variables representan los constructos, son inicialmente considerados como se resume en la tabla 2, cada uno de ellos proviene de las estrategias y acciones impulsadas a nivel nacional y en la Universidad. En la mencionada tabla, las variables observables están representadas por las letras X y Y, dependiendo si miden constructos dependientes o independientes, derivados del modelo estructural tratado en la anterior sección.

Así, profesores competentes se define como el balance de profesores de tiempo completo de carrera y los de tiempo parcial (tipo de contrato), el reflejo de las estrategias del desarrollo de los profesores (nivel de estudios) y la obtención del perfil deseable PROMEP(Programa de Mejoramiento al Profesorado), que acredita a los profesores que durante tres años mantienen una producción balanceada y de buena calidad, en las tres funciones sustantivas: Docencia, Investigación y Gestión Universitaria.

En el caso de los programas (analíticos) de cursos actualizados, es medido por el registro ante el Consejo Divisional, que supone que ha sido evaluado con valoraciones positivas desde diversos parámetros por las academias de la disciplina, del programa educativo y el Consejo Divisional, y más recientemente sometido a un arbitraje externo.

Los servicios e infraestructuras son medidos desde los criterios del CACEI, y los resultados de los cursos con medidos de eficiencia en términos de tasa de aprobación, promedio de calificaciones, y una medida de percepción, mediante una encuesta de opinión sobre el curso.

El modelo de medida está representado en la figura 1, por las variables observables (por los rectángulos) y su relación con los constructos (elipses).

Análisis de los datos previo

Las etapas que involucran análisis de datos fueron realizadas con la ayuda de los paquetes SPSS versión 12, y LISREL versión 8.7.

La muestra tomada es de 109 cursos de los ciclos Otoño del 2005 y Primavera del 2006, y a continuación se resume el análisis descriptivo.

Las variables observables tienen una variabilidad aceptable para garantizar un análisis estadístico. Los registros que presentaban valores atípicos fueron eliminados, estos datos atípicos son detectados inicialmente con gráficas de caja y bigote (Boxplot) y con una investigación posterior se detecta que pertenecen a un tipo de curso denominado Proyecto, el cual tiene características muy diferentes al resto de los cursos, pues generalmente se asigna un alumno a un profesor y los datos suelen ser extremos.

A pesar de utilizar transformaciones monotónicas, no se logra alcanzar la normalidad de cada variable observable y la multivariante.

La correlación entre variables observables indica que es posible que representen un mismo constructo o variable relevante, y en este caso, la matriz de correlaciones muestra correlaciones significativas entre las variables observables que miden cada constructo, excepto para las variable relevantes de Programa y Evaluación que están representadas por una sola variable observable, Y1 y Y2, respectivamente (ver tabla 2).

En un primer intento al "correr" LISREL se generaron generó problemas de convergencia en la solución, debido a que este paquete suele tener estos problemas cuando más de una de las variables relevante solo son representadas por una variable observable. Con ayuda de SPSS se calcula la correlación entre Y1 y Y2, y se observa que están correlacionadas positivamente, por tanto, es posible que pertenezcan a un mismo constructo, y como se mencionó anteriormente, programas y evaluación confiable provienen del mismo proceso tributante, por lo que se decidió unir ambos constructos en uno solo denominado programas actualizados.

En el constructo Control, las variables X6 y X7, que representan los tipos de cursos y el número de alumnos, presentaban una correlación negativa, que indica que no existe una asociación adecuada, generando varianzas negativas en la solución de LISREL, esto es produciendo estimaciones incorrectas denominadas estimaciones infractoras que invalidan la solución; para corregir lo anterior se recodificó X7 de forma inversa, quedando el tipo de curso Ciencias Básicas valorado en orden superior que Ingeniería Básica e Ingeniería Aplicada.

TABLA 2			
Modelo de medida			
Constructos o factores	Variables observables o indicadores		Tipo de escala
Profesores competentes	Nivel de estudios Tipo de contrato Perfil PROMEP	X1 X2 X3	Perfil PROMEP
Programa de cursos actualizados y difundidos	Registro al Consejo Divisional	Y1	Dicotómica
Evaluación confiable	Proporción de carga del examen departamental	Y2	Proporcional
Servicios e infraestructura	Proporción de cumplimiento de criterios de bibliografía Calidad del aula	X4 X5	Ordinal Ordinal
Resultados del curso	Tasa de aprobación Promedio de calificaciones Promedio opinión	Y3 Y4 Y5	Proporcional Proporcional Proporcional
Control ambiental	Tipo de curso Número de estudiantes	X6 X7	Ordinal Proporcional

Por último, para evitar problemas de escala se estandarizaron los datos con media de cero y desviación estándar de uno, por ello en los modelos antecede una Z a cada variable observable.

Identificación

Un modelo no está identificado si la función de identificación no puede encontrar un estimador para cada parámetro; para evitar lo anterior se sugiere⁶ asegurarse de que los grados de libertad del modelo sean mayores que cero. Los grados de libertad pueden ser calculados mediante la diferencia de los momentos del modelo y el número total de parámetros a estimar. En este caso el número de parámetros viene definido por las relaciones de asociación más los errores de medida, en este caso: $19 + 12 = 31$ (figura 1).

Los momentos del modelo pueden ser calculados mediante la siguiente ecuación:

$$M = \frac{1}{2} [p+q][p+q+1]$$

donde:

p : Número de variables observables endógenas.

q : Número de variables observables exógenas.

$$M = 0,5 \cdot (5+7)(5+7+1) = 70$$

Por tanto, los grados de libertad son mayores que cero.

Estimación de parámetros

Existen varios métodos de estimación de parámetros, el más común es el método de máxima verosimilitud, debido a que presenta menores sesgos, sin embargo, este método exige una normalidad multivariante de los datos, que para este trabajo no se puede asegurar. Un método alternativo que no exige este supuesto de normalidad es el método de estimación de mínimos cuadrados no ponderados (Unweighted Least Squares), tiene la desventaja de su alta sensibilidad a las escalas, por lo que en el análisis previo y preparación de los datos se estandarizaron para minimizar esta desventaja.

RESULTADOS. AJUSTE DE LOS DATOS CON EL MODELO

Al realizar una inspección visual de los resultados en la figura 1, no se observan estimaciones infractoras como errores de varianzas negativos o cargas factoriales estandarizadas mayores que uno, que pudieran invalidar la solución.

Uno de los indicadores de ajuste global es la Chi cuadrada, sin embargo, LISREL advierte que el cálculo de este indicador está basado en los supuestos de normalidad y método de estimación de máxima verosimilitud, el cual no se utilizó. Un indicador alternativo es el índice de bondad de ajuste AGFI, y de acuerdo con las referencias 6 y 7, este índice señala un ajuste perfecto cuando toma un valor de 1, y se considera bueno cuando es mayor de 0,9. Con el modelo propuesto, la solución converge (figura 1) con un índice AGFI de 0,94, indicando que el modelo ajusta con los datos recopilados, respondiendo a la primera pregunta de investigación (¿El modelo lógico planteado para la eva-

luación de los programas de ingeniería ajusta en forma global con los datos recopilados?).

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Interpretación y reespecificación del modelo.

Las cargas factoriales o la correlación entre las variables observables (rectángulos) y el constructo (elipses), están señaladas en la flecha que los relaciona (figura 1), y determina si el constructo está bien representado por las variables observables, en el reporte de LISREL se señala con valores de t de student, que todas las cargas factoriales son estadísticamente significativas al contrastar la hipótesis nula de que las cargas son iguales a cero contra que son mayores que cero, esto significa que el modelo de medida ajusta correctamente, sin embargo, como se observa en la figura 1, las cargas factoriales mayores arrojan menores errores medida (representados a un costado de los rectángulos en la figura) y en forma inversa las cargas menores aumentan el error de medida. Por lo que, a pesar que Y2 es estadísticamente significativa, es la que más pobremente representa a su constructo debido a su alto valor de error de medida; otra variable que parece no pertenecer a su constructo es Y5, con un error de medida grande, indica que la opinión de los alumnos no correlaciona tan fuerte con los promedio de calificaciones y tasas de aprobación.

Para responder a la segunda pregunta de investigación, "Si el modelo ajusta en sus componentes o globalmente, ¿Cuáles contribuyen a los resultados?", se debe interpretar en el contexto de la Universidad de Quintana Roo y su problemática.

En primer término el reporte de LISREL indica las relaciones entre variables relevantes que son significativas estadísticamente: todas las relaciones son significativas, al contrastar la hipótesis de que los coeficientes son mayores que cero, a excepción de las relaciones de Profesor y Programa con los resultados de los cursos (0.08, -0.16 respectivamente), lo que puede parecer absurdo que estas variables no influyan en los resultados de los cursos, esto puede tener diversas interpretaciones, y puede especularse que los resultados de los cursos no está bien representada con el promedio de las notas de calificaciones y la tasa de aprobación, debido a que su metrología no es precisa y una nota reportada por un profesor, no significa lo mismo para otro profesor.

La influencia de Control con Resultados del Curso es negativa y aunque la magnitud de la influencia no es grande (-0,25), indica que existe una tendencia que a mayor número de alumnos por grupo y de Ciencias Básicas, menores son los resultados de los cursos en términos de rendimientos académicos, lo que tiene una lógica debido a una gran problemática de índole nacional y multifactorial en el rendimiento escolar de las Ciencias Básicas. En la relación de Infraestructura con Resultados, la relación es positiva aunque la influencia es pequeña (0,20). También la relación Profesor y Programas es positiva y con tamaño de influencia relativamente pequeña. Para la relación de Control con Programa el tamaño de influencia es mayor (0,47), indicando que a mayor número de alumnos y de Ciencias Básicas, mas actualizadas son los Programas de los cursos. Para el caso de la infraestructura y de los Programas también existe una relación positiva.

Para tener una explicación adicional se propone un modelo alternativo, midiendo el constructo de Resultados únicamente con la percepción de los alumnos respecto al desarrollo del curso, mostrándose los resultados en la figura 2.

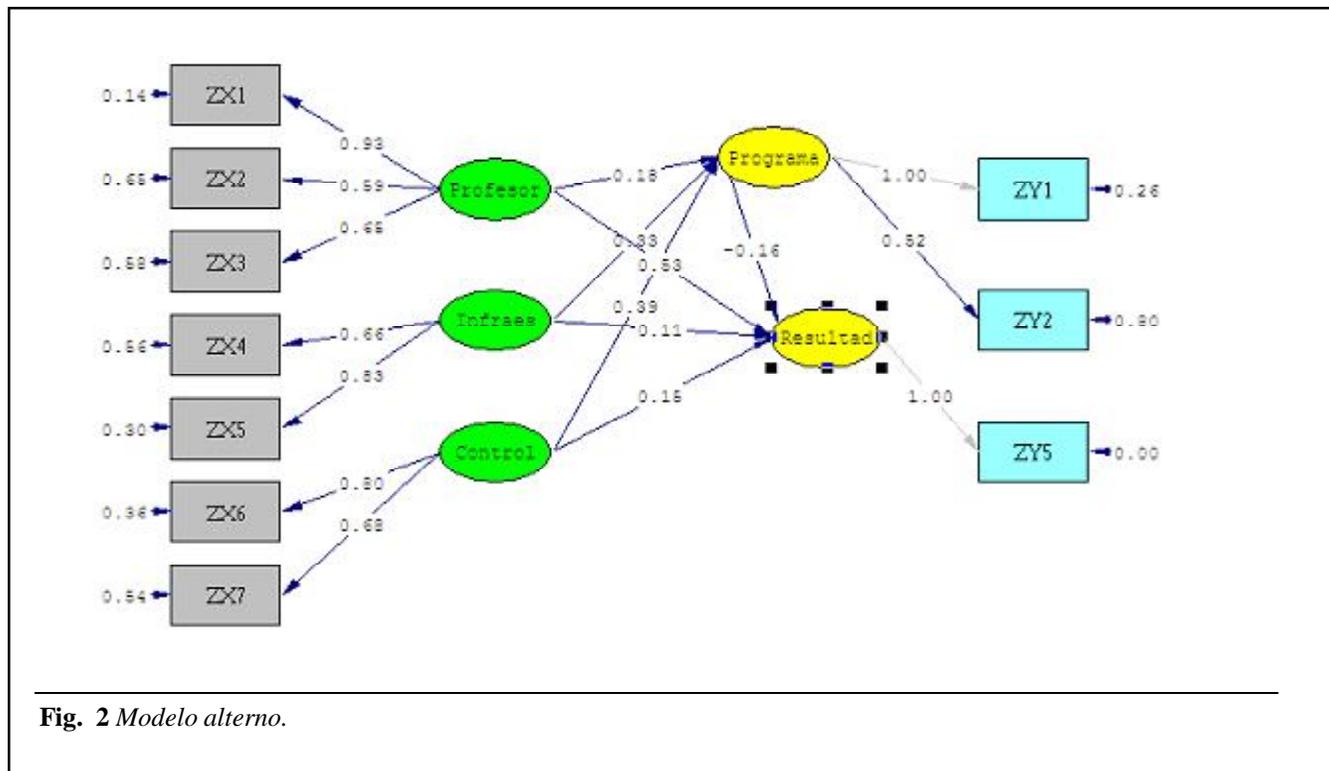
El índice de ajuste es similar al modelo original, la diferencia estriba en las relaciones de los constructos. El tamaño de la influencia del Profesor competente es mayor desde el punto de vista del estudiante, mientras que Control, Infraestructura con Resultados es insignificante, esto quiere decir que la percepción de los cursos por parte de los estudiantes está solamente influenciado por la competencia de los profesores, coincidiendo con los resultados de estudios diferentes (9) (10). Las relaciones de Profesor, Infraestructura y Control con Programa prácticamente no varían con respecto al modelo original.

más alto será el programa; en segundo lugar influye la estructura y en tercero, el profesorado.

- Control es también el de mayor influencia sobre los resultados de los alumnos, pero en sentido negativo. Esto indica que al ser mayor la problemática en los cursos con esas características, influye en que sus programas de cursos y procesos de evaluación estén mereciendo mayor atención.

- El efecto más positivo sobre los resultados del curso es el de la infraestructura, y el de los profesores es positivo pero casi nulo, quizás debido a que se sitúan profesores más competentes en los cursos con valores más altos de Control, lo cual no favorece un resultado de alto impacto.

- Sin embargo, si los Resultados de los cursos se modelan solamente a partir de las opiniones de los alumnos, entonces se obtiene una alta influencia del profesor, reduciéndose la influencia de Control y de Infraestructura, manteniéndose las demás relaciones.



CONCLUSIONES

Al utilizar la modelación de las ecuaciones estructurales en la evaluación de programas en una sola organización, se ha logrado establecer que:

- En el caso de los programas de ingeniería de la Universidad de Quintana Roo, México, el modelo lógico planteado a partir del paradigma de buena calidad definido por el gobierno federal para los programas educativos ajusta en forma global con los datos recopilados.

- En cuanto a la calidad del programa del curso, mientras más alto es el control (tipo de curso, donde el más alto es Ciencias Básicas, que a la vez se asocia a mayor cantidad de alumnos),

- En general, la evaluación arroja claramente que la estrategia de apoyar y estimular a los profesores para que obtengan mayores grados académicos y alcancen certificaciones de desempeño académico que aseguren una producción equilibrada es percibida por los alumnos con una mayor aceptación y en consecuencia con una mayor oportunidad de incidir en su aprendizaje, aunque aún no se refleja en las notas de calificaciones. La influencia de las otras variables relevantes no parecen de gran importancia, ni en la percepción de los alumnos, ni en los resultados académicos, pero sí en la influencia con la actualización de los programas de los cursos, que se esperarí influya fuertemente en las actividades de aprendizaje.

- Una limitante de este trabajo, consistió en la exclusión de las actividades de aprendizaje, por no contar con una forma sistémica de recolectar esta información.

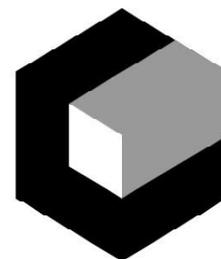
- Basado en estas conclusiones y limitaciones se recomienda seguir con las estrategias de mejoramiento del profesorado y mejorar el sistema de evaluación de los cursos, implementando un sistema de medición de las variables observables en las actividades de aprendizaje, que permitan: por un lado evaluar descriptivamente si existen tendencias en el tipo de actividades recomendadas en las carreras de ingeniería,² ejercicios de aplicación, simulación en computadoras, casos de estudio, problemas abiertos-cerrados, proyectos de diseño entre otros; y por otro lado evaluar las influencias de los insumos en estas actividades, principalmente de la variable programas de cursos.

- La utilidad de la modelación de las ecuaciones estructurales se ubica en la evaluación de las relaciones de las variables relevantes, más que en el comportamiento individual de cada variable, por tanto, es una herramienta complementaria en el procesos de evaluación en algún nivel de la organización. □

REFERENCIAS

1. **CUEVAS, JAIME:** "Experiencias en la autoevaluación con fines de acreditación de los programas de Ingeniería de la Universidad de Quintana Roo" en *Ingeniería Industrial*, Vol. XXIII, Cujae, Ciudad de La Habana, Cuba, 2003.
2. **PRADOS, J.; G. PETERSON AND L. LATTUCA:** "Quality Assurance of Engineering Education through Accreditation: The Impact of Engineering Criteria 2000 and its Global Influence", en *Journal of Engineering Education*, pp. 165-180, January, 2005.
3. **DRANSFIELD, B. et al.:** "Using Statistics and Statistical Thinking to Improve Organizational Performance," in *International Statistical Review*, International Statistical Institute, 1999.
4. **ROGERS, P. et al.:** "Program Theory in Evaluation: Challenges and Opportunities, New Direction for Evaluation", *A publication of the American Evaluation Association*, pp 5-13, 2000.
5. **HANSSEN, C.:** "Structural Equation Modeling as a Tool for Multisite Evaluation," Dissertation Submitted in Partial Satisfaction of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, Western Michigan University, 2004.
6. **LEVY, J. Y J. VARELA:** *Modelación y análisis con ecuaciones estructurales.- Análisis multivariantes para Ciencias Sociales*, Prentice Hall, pp. 767-811, 2003.
7. **SHARMA, SUBHASH:** *Applied Multivariate Techniques*, John Wiley and Sons, 1996.
8. **CUEVAS, JAIME:** "Modelo de un sistema de evaluación del desempeño de una organización de educación superior, usando el enfoque OPM", *Revista Cubana de Educación Superior*, Volumen XXIV, Ciudad de La Habana, Cuba, 2004.
9. **CUEVAS, JAIME:** "Estadística en la mejora de la calidad de las instituciones de educación superior", *CAOSCONCIENCIA*, Volumen II, Plaza y Valdez, Chetumal, México, 2006.
10. ———: "Modelación de ecuaciones estructurales para la evaluación de la percepción de calidad del usuario de educación superior". *Revista Cubana de Educación Superior*, Volumen XXX, Ciudad de La Habana, Cuba, 2006.

**MAESTRÍA EN CALIDAD TOTAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL
CUJAE**



**Instituto Superior Politécnico
José Antonio Echeverría
cujae**