

# “Las competencias en matemáticas, base para la toma de decisiones de los ingenieros industriales”

LIZBETH GUADALUPE SOTO NAVARRETE\*

ELIA OLEA DESERTI\*\*

## RESUMEN

En la actualidad, los países necesitan la participación de los ingenieros industriales si aspiran a un desarrollo industrial. Estos profesionales requieren tomar decisiones matemáticas. Sin embargo cuando están estudiando algunas veces no tienen la capacidad para realizar operaciones matemáticas fundamentales lo que dificulta sus acciones en el campo profesional.

Se hizo una investigación en el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec en estudiantes del 5º. Semestre (N = 99) quienes cursaban la materia de Investigación de Operaciones I. Se usó el método experimental. El objetivo fue comprobar si mejoraban en su competencia matemática después de que fueran sometidos a revisión, explicación y ejercitación de operaciones fundamentales, fraccionales, algebraicas y matriciales (antes del programa). Se agruparon al azar los alumnos del grupo experimental y el grupo control. Se hicieron evaluaciones antes, durante y al finalizar el programa y se detectó que el grupo experimental presentaba una mejora en su competencia matemática.

**Palabras Clave:** Investigación de operaciones, Competencias matemáticas en estudiantes ingeniería, estudiantes ingeniería industrial.

## ABSTRACT

Today countries need Industrial Engineering if they want to develop industrial sector. These professionals make mathematical decisions but when they are students, they don't have the capacity to do mathematical basic operations. These will do they can't work well like engineering.

We researched in students of 5o. grade of Industrial Engineering (N =99) from Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec. They was studying Operations Research subject. We used Experimental Method. Research's objective was to probe if the students developed their mathematical competence after that they reviewed and practiced basic mathematical operations, fractional algebraic operations and matrix (before the Operations Research Subject). We did two

---

\*Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.

\*\*Instituto Politécnico Nacional.

random groups, one of them was experimental group and the other was control group. We evaluated the students with a test before the program, in the middle and the end of course. At the end we observed that experimental group was increased its mathematical competence.

**Keywords.** Operations Research, mathematical competences in engineering students, students of industrial engineering.

## **Introducción**

Se dice que la administración ha existido siempre. Bateman y Snell (2005) consideran que el hombre a través de la historia ha tenido que tomar decisiones y sitúan el origen de la administración en el año 1,100 a.C. Sin embargo hasta principios del siglo pasado es que se habla de la administración científica, la cual ha ido evolucionando hasta llegar a la globalización y el conocimiento (Torres, 2007).

Como resultado de estos cambios se ha observado un gran aumento en la división de trabajo y la separación de las responsabilidades administrativas en las organizaciones. Aunque hubo evolución, también aparecieron nuevos problemas y la necesidad de encontrar la mejor forma de resolverlos, lo que propició el surgimiento de la Investigación de Operaciones, la cual aspira a determinar la mejor solución (óptima) que conlleva una toma de decisiones que repercute en la planeación de las actividades en la empresa. Por lo anterior los Ingenieros Industriales quienes utilizan la Investigación de Operaciones y cuyo campo de acción está en las organizaciones -de cualquier tipo y giro- sus funciones se relacionan con los procesos para la fabricación de bienes y/o servicios. Sus actividades se orientan en la transformación así como en la administración.

Cabe mencionar que la Investigación de Operaciones significa hacer investigación sobre las operaciones y se refieren a la conducción y coordinación de operaciones y actividades dentro de las organizaciones, por lo que se usa en los negocios, la industria, la milicia, el gobierno y los hospitales, principalmente.

### **La investigación de operaciones y las competencias matemáticas**

La investigación de operaciones puede situársele casi a mitad del siglo XX, teniendo como antecedente primero los métodos geométricos y luego en la 2ª. Guerra Mundial, sobresaliendo Inglaterra que trataba de obtener el máximo beneficio de sus radares y utilizó la Investigación Operativa o Investigación de Operaciones. Luego las usaron los Estados Unidos de América y la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas. Al mismo tiempo que se desarrolla la doctrina de la Investigación Operativa, aparecen las técnicas de computación y los ordenadores, reduciéndose el tiempo de resolución de problemas.

Durante los años 50's y 60's crece el interés y el desarrollo de la Investigación Operativa debido a su aplicación en el ámbito del comercio y la industria. Muchas de las empresas se desarrollan a consecuencia de la aplicación del método científico a la administración (planeación, organización y control de operaciones).

Es importante mencionar que al inicio de la década de los años 90's, el U.S. Bureau of Labor Statistics predijo que la investigación de operaciones sería el área profesional clasificada como la tercera en más rápido crecimiento para los estudiantes universitarios en Estados Unidos de América, graduados entre 1990 y 2005 (Marín, 2010). Si se habla del profesional que realiza estas funciones, se tendría que pensar en el ingeniero industrial quien aplica el método científico a los problemas administrativos ya que controlan y administran las máquinas y dispositivos usados para la producción, o sea, proporcionan todos los insumos necesarios para ella y su programación, controlan al personal operativo, dan mantenimiento a los equipos, preocupándose por elevar la eficiencia del trabajo.

El ingeniero industrial utiliza la Investigación de Operaciones para formular un modelo matemático (Kamlesh, 1996) a partir de los datos reales en una organización, identificar variables (controlables o no controlables) dentro de sus sistema, utiliza técnicas para la solución de problemas y poder predecir situaciones a partir de la toma de decisiones anteriores (análisis de sensibilidad) sin tener que formular nuevamente el problema. La materia de Investigación de operaciones 1 es importante para los estudiantes y profesores de la División de Ingeniería Mecatrónica e Industrial del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, puesto que proporciona las bases de la toma de decisiones tanto en el control de inventarios, en la planeación de la producción, así como en la decisión de incorporar nuevos productos en los proyectos de inversión.

En enfoque de la investigación de operaciones es el modelaje en el que el modelo es una herramienta que sirve para lograr una visión bien estructurada de la realidad y cuyo propósito es proporcionar un medio para analizar el comportamiento de los componentes de un sistema con el fin de optimizar su desempeño. Aunque hay distintos tipos de modelos, los más importantes son los modelos simbólicos o matemáticos que emplean un conjunto de símbolos y funciones para representar las variables de decisión y sus relaciones para describir el comportamiento del sistema. Sin embargo, para estudiar el modelo matemático se requiere el uso de herramientas fundamentales básicas (capacidades matemáticas) y que corresponden a la ejecución de operaciones aritméticas, fraccionales, algebraicas y matriciales, además de otros conocimientos.

Así que en el caso de los estudiantes de Ingeniería Industrial, cuando cursan la asignatura de Investigación de Operaciones I (IO1), en el 5º. Semestre, requieren contar con capacidades matemáticas que les permitan entender y realizar decisiones con base a los modelos. A pesar de

estar con un avance de más de la mitad de su licenciatura, se ha encontrado que al cursar esta asignatura, se detienen en su formación o empiezan a tener problemas en su trayectoria escolar por problemas con esta materia. De acuerdo a los datos del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, esta asignatura tenía un promedio de reprobación que fluctuaba entre un 56% y 60 %. De acuerdo a sus docentes se debe a que los estudiantes no tienen la capacidad de aplicar las operaciones fundamentales en los modelos lo cual les impide la toma de decisiones. De hecho, en los contenidos del programa de Investigación de Operaciones I se retoman aprendizajes (capacidades) con las que deben contar los alumnos y que se supone han ido aprendiendo desde niños y se han desarrollado en los niveles educativos por los que han pasado, sin contar con las materias de matemáticas antecedentes a este programa.

De ahí que retomando a Catalano, Avolio y Saladogna (2004), las capacidades son habilidades complejas que se centran en el saber hacer racional, organizado, planificado, integrador y creativo que se usa ante la solución de problemas, elaboración de proyectos y ejecución de actividades y tareas propias del desempeño profesional; se fundamenta en conocimientos científicos, técnicos, marcos ético-valorativos y capacidades básicas.

Para el diseño curricular se requiere el establecimiento de las *capacidades básicas* que se deberán adquirir, consolidar o desarrollar como requisito para el aprendizaje de los distintos cursos y que de acuerdo al nivel educativo pueden ser desde leer; escribir; resolver operaciones matemáticas; argumentar; plantear problemas. Así que se debe evaluar si el estudiante las desarrolló previamente, determinando si deben ser consolidadas y ampliadas. En caso de que no se hubieran adquirido hay que adoptar decisiones curriculares para atender el déficit ya sea nivelando y promoviendo capacidades a partir del desarrollo de situaciones o de problemas. En el diseño curricular se formulan capacidades que se diferencian según distintos criterios: relación con los *diversos tipos de saberes* (procesos cognitivos y metacognitivos; destrezas operativas; capacidad de comunicación; trabajo en equipo, integración dinámica en el contexto; actitudes; resolución de problemas, toma de decisiones) y *nivel de complejidad*.

En el saber hacer existen distintos tipos de capacidades: las de un fuerte componente psicomotriz (destrezas) y las que predominan en los procesos cognitivos (habilidades). Las que se concretan en obras o productos que son las habilidades técnicas (construcción de un objeto, diseño de un producto) y las Habilidades simples que se aprenden en forma mecánica –que constituyen los algoritmos- que son los procesos o procedimientos que resuelven un determinado problema y las habilidades complejas que conllevan la aplicación y sobre todo la reflexión sobre su uso, denominadas heurísticas o estratégicas (selección de la combinación adecuada para realizar una determinada mezcla).

Por tanto, de acuerdo a lo mencionado, fue que con apoyo del maestro de esta asignatura se decidió probar los resultados que se alcanzarían si se fortalecían las capacidades matemáticas básicas, de los estudiantes, con la introducción de una unidad extra (antes de iniciar propiamente con el programa de Investigación de Operaciones I en la que se ejercitaba al estudiante al respecto, por lo que el problema se formuló a través de la siguiente pregunta:

¿los alumnos que cursan la materia de Investigación de Operaciones I, consolidarían/desarrollarían sus capacidades en la aplicación de las operaciones aritméticas, fraccionales, algebraicas y matriciales a través de esta unidad extra, lo que ampliaría su comprensión y les daría mayor seguridad, lo cual se vería reflejado en sus calificaciones?

### Estrategia metodológica

- Se usó el método experimental.
- La investigación partió del objetivo de analizar el desarrollo de capacidades matemáticas (y así de rendimiento) en el curso de Investigación de Operaciones I, después de someterlos a la acción de una variable experimental que era la unidad adicionada al programa, en la que se revisaron las operaciones aritméticas fundamentales (suma, resta, multiplicación y división), algebraicas y matriciales.
- Plan experimental. Se tomaron todos los estudiantes del quinto semestre que cursarían la asignatura de Investigación de Operaciones I en el período 2008-1, en ambos turnos (matutino y vespertino) que corresponde a una  $N = 99$ . El grupo matutino quedó integrado por 59 alumnos y el vespertino por 40, lo cual se muestra en las tablas 1 y 2.

Tabla 1

*Grupo de estudiantes del turno matutino*

Sometidos a la variable experimental		No sometidos a la variable experimental	
Género	Núm. de estudiantes	Género	Núm. de estudiantes
Hombres	20	Hombres	19
Mujeres	10	Mujeres	10
TOTAL	30	TOTAL	29

Tabla 2

*Grupo de estudiantes del turno vespertino*

Sometidos a la variable experimental		No sometidos a la variable experimental	
Género	Núm. de estudiantes	Género	Núm. de estudiantes

Hombres	17	Hombres	16
Mujeres	3	Mujeres	4
TOTAL	20	TOTAL	20

- Establecimiento de la Hipótesis.

Se partió de una hipótesis general y también se formularon hipótesis donde se hacía la comparación de los resultados entre el grupo experimental y el grupo control en las cinco evaluaciones, incluyendo las hipótesis nulas para posteriormente probarlas. Así que la hipótesis general fue:

“A los alumnos que se les someta al estudio de la unidad 1, variable que se refiere a la revisión, explicación y ejercitación de operaciones fundamentales (suma, resta, multiplicación y división), fraccionales, algebraicas y matriciales mejorarán su rendimiento escolar y estarán en posibilidad de realizar decisiones matemáticas.”

- Se les aplicó un cuestionario para saber sus características.

Se les solicitó a todos los estudiantes que dieran respuesta a un cuestionario con preguntas sobre sus características generales y sus actividades extracurriculares. Posteriormente se incluyeron 15 reactivos sobre su situación académica (regular, irregular, rematriculado o en situación de revalidación), su promedio, si gozaban de beca y el resto de preguntas eran sobre su opinión respecto al programa de Investigación de Operaciones I.

- Instrumentos de medición

Para contar con información que permitiera tener información sobre la acción de la variable experimental, se elaboraron 5 instrumentos de medición<sup>2</sup> que permitieron hacer una evaluación diagnóstica (al inicio, que permitió identificar el nivel de la capacidad matemática con la que contaban los alumnos, evaluación formativa (tres exámenes parciales) y evaluación sumatoria (examen final global).

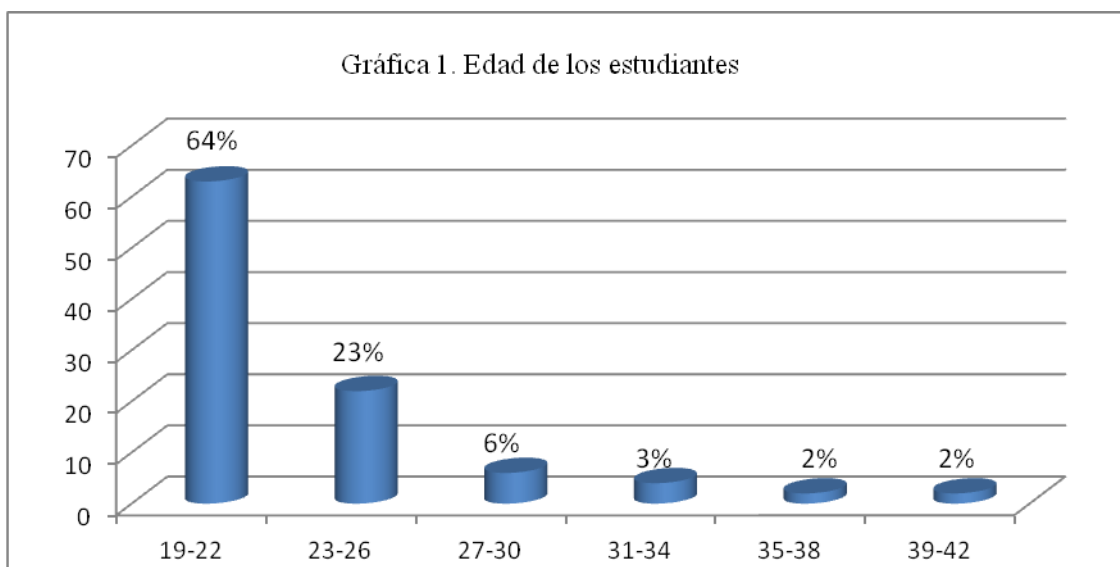
### ***Análisis de la información***

Los datos más relevantes son:

*Edad.* De acuerdo a la gráfica 1 se puede observar que los estudiantes que participaron en el estudio se encuentran en la edad promedio de cualquier estudiante de educación superior. Casi las dos terceras partes tienen entre 19 y 22 años de edad.

---

<sup>2</sup> De acuerdo al enfoque educativo de competencias, seguramente se usaría una evaluación por rúbrica que permite evaluar holísticamente. Sin embargo en este caso específico del uso de las operaciones fundamentales, se elaboraron exámenes en los que éstas se tenían que poner en práctica (como capacidad).



Estado civil y situación laboral

Tabla 3

*Género, estado civil y situación laboral de los estudiantes*

Género	Estado civil	Situación laboral				Total	
		Sí trabaja		No trabaja			
Femenino	Soltero	8	8%	14	14%	22	22%
	Casado	-	-	-	-	-	-
Masculino	Soltero	33	34%	29	29%	62	63%
	Casado	10	10%	5	5%	15	15%
Total		51	52%	48	48%	99	100%

El 78% de los estudiantes son masculinos y de los cuales el 44% trabaja y de éstos el 34% son solteros.

En el caso de las estudiantes, que son el 22% de la población, todas son solteras y sólo un 8% trabaja. Aquí se puede percibir que persiste la tendencia de que cuando los educandos deciden sobre la carrera a estudiar, en las licenciaturas en ingeniería predominan estudiantes de género masculino.

Respecto a sus antecedentes directos de la materia de Investigación de operaciones I, que corresponde a Matemáticas 3 y 4, su situación académica<sup>3</sup> es la siguiente:

En Matemáticas 3, el 48% declaró haber obtenido una calificación entre 7.0 y 7.9

El 36% dijo tener una calificación entre 8.0 y 8.9

En Matemáticas 4, el 52% declaró haber obtenido una calificación entre 7.0 y 7.9

El 25% dijo tener una calificación entre 8.0 y 8.9

- Tipo de vivienda y ubicación

El 85% de los alumnos cuentan con vivienda propia, el 20% de ellas están localizadas a una distancia de 0 a 5 km del centro educativo, 9% están ubicadas entre 5 a 10 Km y por último un 21% localizadas a más de 10 Km, por lo cual se tiene un 42% de viviendas con una cercanía al centro educativo de 0 a 10 Km, siendo favorable en cuanto al nivel de vida, además de que los estudiantes utilizan poco tiempo para trasladarse de su casa al Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.

- Prueba diagnóstica

En cuanto al examen diagnóstico se tiene que esta prueba permitió determinar el nivel de conocimientos y habilidades en operaciones fundamentales (suma, resta, multiplicación y división), fraccionales (quebrados), algebraicas, gráficas de ecuaciones lineales y operaciones matriciales, detectándose una deficiencia en operaciones fundamentales en la población en general de los estudiantes de la asignatura de Investigación de Operaciones 1. Sólo el 16% de los estudiantes consiguieron una calificación aprobatoria, el resto 84%, no aprobaron el examen diagnóstico.

- Evaluaciones formativas (los tres exámenes parciales)

Con los resultados de los exámenes parciales (1ro, 2do y 3ro) se obtiene un incremento general en la evaluación final en un 25% en el promedio general del grupo expuesto a la variable experimental, puesto que se reforzaron las operaciones fundamentales, algebraicas, fraccionales y matriciales.

Tabla 4

*Promedio de calificaciones obtenidas en las evaluaciones parciales*

	Grupo experimental		Grupo de control	
	Turno matutino	Turno vespertino	Turno matutino	Turno vespertino
Primer parcial	7.43	6.05	6.59	5.85
Segundo parcial	6.13	5.20	5	4.55
Tercer parcial	5.77	4.15	3.79	4.50

<sup>3</sup> La calificación aprobatoria en el TESE es de 7 (siete).



- Pruebas de hipótesis

Se calcularon correlaciones de Pearson que permitieron analizar si había una asociación significativa entre las variables y al mismo tiempo permitieran tomar la decisión de aceptar o rechazar las hipótesis nulas, resultando lo siguiente:

Tabla 5

*Pruebas de hipótesis*

Hipótesis nulas Ho	Correlac. Significat.	Aceptación / rechazo de Ho
No hay diferencia en el promedio de Matemáticas 3 entre el grupo control y el grupo experimental	0.000	Se rechaza la Ho Sí hay diferencia en el promedio de Matemáticas 3 entre el grupo control y el grupo experimental
No hay diferencia en el promedio de Matemáticas 4 entre el grupo control y el grupo experimental	0.159	Se acepta la Ho No hay diferencia en el promedio de Matemáticas 4 entre el grupo control y el grupo experimental
No hay diferencia en las calificaciones del 1er.parcial de Investigación de Operaciones I entre el grupo control y el grupo experimental	0.042	Se rechaza la Ho Sí hay diferencia en las calificaciones del 1er.parcial de Investigación de Operaciones I entre el grupo control y el grupo experimental
No hay diferencia en las calificaciones del 2o.parcial de Investigación de Operaciones I entre el grupo control y el grupo experimental	0.044	Se rechaza la Ho Sí hay diferencia en las calificaciones del 2o.parcial de Investigación de Operaciones I entre el grupo control y el grupo experimental
No hay diferencia en las calificaciones del 3er.parcial de Investigación de Operaciones I entre el grupo control y el grupo experimental	0.110	Se acepta la Ho No hay diferencia en las calificaciones del 3er.parcial de Investigación de Operaciones I entre el grupo control y el grupo experimental
No hay diferencia en el promedio general entre el grupo control y el grupo experimental	0.045	Se rechaza la Ho Sí hay diferencia en el promedio general entre el grupo control y el grupo

		experimental
No hay diferencia en la calificación del examen diagnóstico obtenido entre el grupo control y el grupo experimental	0.129	Se acepta la Ho No hay diferencia en la calificación del examen diagnóstico obtenido entre el grupo control y el grupo experimental

- Se calculó la regresión múltiple para poder pronosticar a futuro.

Se calculó la tabla de coeficientes de regresión lineal que contiene la información necesaria para construir la ecuación de la regresión.

Tabla 6

*Resumen del ANOVA*

Modelo		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	17.298	4	4.324	3.823	.006
	Residual	106.339	94	1.131		
	Total	123.636	98			

La tabla resumen presenta los datos que contrastan la hipótesis nula de que el valor poblacional de R es cero y, por tanto, permite decidir si existe relación lineal significativa entre la variable dependiente (grupo) y el conjunto de variables independientes (promedio general, 1er. Parcial IO1, 2do. Parcial IO1 y promedio general de IO1) tomadas juntas. El valor del nivel crítico  $Sig=0.006$  indica que sí existe relación lineal significativa.

Tabla 7

*Coefficientes de regresión lineal*

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	1
		B	Error estándar	Beta	
1	(Constante)	.232	.632		.367
	Promedio general	.581	.195	.309	2.984
	Promedio general IO1	-.092	.119	-.208	-.771
	1er.parcial IO1	.085	.077	.195	1.108

	2°.parcial IO1	.074	.082	.171	.903
--	----------------	------	------	------	------

- Se construyó la ecuación quedando:

Pronóstico en Grupo = 0.232 + 0.581 Promedio general -0.092 promedio general IO1 + 0.085 primer parcial IO1 + 0.074 segundo parcial IO1.

Estos coeficientes proporcionan una orientación muy útil sobre la importancia relativa de cada variable independiente en la ecuación de regresión.

### **Conclusiones**

**De acuerdo a las características personales de los alumnos (población) que fue tomada para la investigación**, se puede concluir que casi las dos terceras partes están cursando sus estudios a una edad apropiada a la que corresponde al estar matriculado en sus estudios profesionales (teniendo una trayectoria escolar de alumno regular). Su situación socioeconómica es de clase media considerando el porcentaje de los que trabajan, lo cual es entendido por su estado civil, además de ser corroborado por el tipo de vivienda en que dijeron vivir y la cercanía de su casa a la escuela. Estos datos permiten inferir que el problema de las capacidades matemáticas ha sido resultado de una decisión curricular en sus estudios anteriores, lo cual no tiene relación alguna con sus características personales.

**Aceptación o rechazo de hipótesis nulas.** Después de haber sometido 2 de los 4 grupos a la acción de la variable experimental que era la revisión y ejercitación de las operaciones fundamentales (suma, resta, multiplicación y división) fraccionales, algebraicas y matriciales lo cual es indispensable para que los alumnos lo apliquen en la formulación y modelación matemática y el haberlos seguidos durante un semestre, con evaluaciones diagnóstica, formativa y global (final) se encontró que se rechazan cuatro de las hipótesis nulas y se convierten en positivas, las cuales se expresan a continuación:

- Sí hay diferencia en el promedio de Matemáticas 3 entre el grupo control y el grupo experimental.
- Sí hay diferencia en las calificaciones del primer parcial de IO 1 entre el grupo control y el grupo experimental.
- Sí hay diferencia entre las calificaciones del 2°. Parcial de IO1 entre el grupo control y el grupo experimental.
- Sí hay diferencia en el promedio general entre el grupo control y el grupo experimental.

**De acuerdo a la formulación de la ecuación de regresión**, se puede pronosticar que al hacer la revisión de estas operaciones fundamentales al inicio de cada curso de IO1, se tendrá un aumento en

su rendimiento escolar (fortalecimiento de capacidades matemáticas) siempre y cuando se trate de grupos similares que estén en las mismas condiciones de aprendizaje.

**Con relación al incremento de habilidades matemáticas**, reflejadas en su rendimiento escolar se concluye que los grupos sometidos a la variable experimental, tanto el matutino como el vespertino, aumentaron sus calificaciones, que aunque en porcentaje siguen siendo reprobatorias, si se incluyera desde los cuatro cursos que anteceden a la IO1 la revisión y ejercitación de estas operaciones fundamentales, probablemente facilitaría el que puedan llegar a toma de decisiones matemáticas apropiadas, lo que favorecería a su quehacer profesional y, especialmente a las organizaciones mexicanas.

## **REFERENCIAS**

Bateman, T y Snell, S. (2005). *Administración. Un nuevo panorama competitivo*. México: McGraw-Hill.

Catalano, A., Avolio, S. y Sladogna, M. (2004). *Diseño Curricular basado en normas de competencia laboral: Conceptos y Orientaciones metodológicas*. Buenos Aires: Banco Interamericano de Desarrollo/Fondo Multilateral de Inversiones; Centro Interamericano para el Desarrollo del Conocimiento en la Formación Profesional.

Kamlesh, D. S. (1996). *Investigación de Operaciones*. México: Prentice Hall.

Torres, Z. (2007). *Teoría general de la Administración*. México: Grupo Editorial Patria.

## **REFERENCIAS ELECTRONICAS**

Marín, J. (2010). *Administración de Operaciones*. Recuperado de <http://www.arquimedex.com>