

Estrategias para explicar modelos de transporte y motivar el aprendizaje de los estudiantes

La educación en la Ingeniería Industrial

Antonella Cavallin*, Daniel Rossit, Diego Rossit, Diego Broz, Mariano Frutos

*Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur, IIESS-CONICET.
Av. Alem 1253, 1er Piso (8000) Bahía Blanca, Argentina.
antonella.cavallin@uns.edu.ar, diego.rossit@uns.edu.ar, daniel.rossit@uns.edu.ar,
diego.broz@uns.edu.ar, mfrutos@uns.edu.ar.*

RESUMEN

En la mayoría de los planes de la carrera de Ingeniería Industrial se incluyen materias con contenido basado en la investigación operativa (IO), es decir, un conjunto de herramientas científicas que dan soporte a la toma de decisiones en la planificación de actividades en una organización. La IO ha sido aplicada de manera extensa en áreas muy diversas como manufactura, transporte, servicios, entre otros, permitiendo mejorar situaciones prácticas y concretas. Sin embargo, el excesivo enfoque matemático que muchas veces puede adoptarse para su enseñanza diluye su énfasis práctico lo que genera que, por un lado, el alumno no pueda aprovechar el valioso aporte que tiene dicha temática, y por otro lado, el profesor no pueda revelar el potencial alcance de aplicación. En el presente artículo se muestran tres dinámicas para abordar y construir uno de los modelos típicos de programación lineal en IO: el modelo de transporte y sus variantes, transbordo y asignación. Dichas dinámicas hacen énfasis en la participación y motivación de los alumnos hacia la temática a partir de un estudio de casos de una empresa de transporte de productos refrigerados, una aplicación directa en un caso local de logística inversa y un ejemplo de cómo la IO puede ayudar a la toma de decisiones en una situación de interés para los alumnos (asignación de posiciones en un equipo de fútbol). Además, como estrategia para fomentar la interacción de los alumnos con la clase en un marco de aprendizaje continuo, se evalúa el impacto de la inclusión de cuestionarios cortos obligatorios en las clases prácticas. Los resultados obtenidos a nivel de participación de los alumnos, así como, teniendo en cuenta sus opiniones a través de encuestas, demuestran que las estrategias utilizadas despiertan el interés por la temática y las consideran relevantes en el aprendizaje.

Palabras claves: Investigación operativa, ingeniería, estrategias pedagógicas,

ABSTRACT

In most Industrial Engineering career plans, subjects related to Operations Research (OR) are included. OR is defined as a set of scientific tools that support decision making in planning activities in an organization. It has been applied extensively in many different areas such as manufacturing, transportation, services, among others, allowing to enhance practical efficiency in those fields. However, the excessive mathematical approach, often adopted by the teacher, dilutes the practical emphasis of this tool. This generates, on one hand, that students cannot take advantage of the valuable contribution that this issue represents, and on the other hand, the teacher cannot share the potential scope of application. In this article, three teaching dynamics are explained to address and build a typical linear programming models in OR: the transport model and its variants, transshipment model and assignment model. These dynamics focus on participation and motivation of the students towards the subject from a case study of a company of transport of refrigerated products, a direct application in a local case of reverse logistics and an example of how OR can help to decision-making in a situation of interest to students (allocation of positions in a football team). In addition, as a strategy to promote student interaction with the class in a context of continuous learning, impacts of the inclusion of mandatory short questionnaires in practical classes are evaluated. The results obtained based on student's participation and their own opinions expressed through surveys, show that the strategies used arouse interest in the topic and were considered relevant in the learning.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las posibilidades profesionales del egresado de la carrera Ingeniería Industrial han sido incrementadas principalmente por la inquietud y proactividad de los mismos. Líneas de emprendedurismo, consultoría, docencia, investigación e industria son algunas de las mencionadas opciones. El perfil del Ingeniero Industrial, expuesto en la página web de la Universidad Nacional del Sur (1), se describe como el profesional que se ocupa del diseño, mejoramiento e instalación de sistemas integrados de personas, materiales, información, equipos, energía, etc. Es quien está más íntimamente relacionado con la productividad, abarcando por consiguiente los aspectos tecnológicos, organizativos y de eficiencia de los sistemas y por ello es de su interés el planeamiento, la programación y el control tanto gerencial como el operativo en organizaciones de producción y de servicios técnicos. Ahora bien, ¿cómo se logra, si es que se logra, que el estudiante llegue a obtener el mencionado perfil? Es decir, más allá de la incorporación de conocimientos teóricos y técnicos propios de la profesión, ¿cómo se adquieren las capacidades y competencias para articular múltiples aspectos en tan variadas posibilidades laborales? En (2) se postula que existen dos versiones de la idea de competencia que rivalizan en el ámbito académico. Por un lado, es la forma académica de la competencia, construida en torno de la idea del dominio de la disciplina por parte del estudiante, y por otro lado, es la concepción operacional de la competencia. En (3) se describe a esta última concepción como la facultad de movilizar un conjunto de recursos cognoscitivos (conocimientos, capacidades, información, etc) para enfrentar con pertinencia y eficacia a una familia de situaciones.

Por otro lado, en (4) el sentido del conocimiento se define a nivel interno por su vinculación con otros conocimientos dentro del área o disciplina, y a nivel externo por el campo de utilización de ese conocimiento y por los límites del mismo. En otras palabras, los alumnos deben poder otorgarle sentido a lo que estudian y hacen, y para eso, en el nivel externo es el docente quien debe generar el ambiente propicio para que ese sentido se desarrolle. El mismo autor señala que *“para formar personas técnicamente competentes no alcanza con transmitir los conocimientos necesarios; más importantes que contar con conocimientos actualizados, profundos y pertinentes es ser capaz de usarlos adecuadamente”*.

Esencialmente se trata de recurrir a estrategias didácticas que vinculen el contexto de formación con el de actuación como profesionales, o el contexto de formación con el entorno que ellos conocen como alumnos. Ello supone la elección de metodologías de aprendizaje activo: trabajos en laboratorio, aprendizaje a partir de problemas, estudio de casos, simulación, juego de roles, discusiones grupales, juegos de toma de decisión, etc. De esta manera, el profesor adquiere una actividad facilitadora de los aprendizajes, más allá de ser un mero transmisor de conocimientos. Su misión es impulsar a los estudiantes a reflexionar, identificar necesidades de información, motivarlos para continuar con el trabajo y guiarlos hasta el logro de las metas de aprendizaje propuestos (5). Del mismo modo, el alumno deja de ser un receptor pasivo para convertirse en agente activo comprometido en la construcción de su propio conocimiento. Esta transformación se juzga relativamente sencilla desde el momento en que el profesor pone en prácticas técnicas innovadoras susceptibles de despertar el interés y la motivación de los alumnos.

Por su parte, la Mgter. Gisela Vélez en (6), resalta que la relación de compromiso con el conocimiento supone atribuirle sentido personal y social relacionado con la posibilidad de una apropiación significativa de los saberes. En los estudios universitarios, esta relación de compromiso se vincula con la percepción de las posibilidades del conocimiento para la formación y el desempeño profesional, la conciencia de la responsabilidad social que acarrea y la esperanza de convertirlo en instrumento de constitución de sí mismo.

Dentro de la gran variedad de materias presentes en la carrera Ingeniería Industrial, la investigación operativa (IO) ocupa un lugar primordial para el desarrollo de conocimientos científicos y habilidades analíticas en el perfil del futuro profesional. La IO da soporte a la toma de decisiones en la planificación y coordinación de actividades en una organización a partir de un conjunto de herramientas científicas como programación lineal y entera, programación de proyectos, modelos de inventarios, análisis de decisiones, simulación, entre otros (7). Asimismo, la IO ha sido aplicada de manera extensa en áreas muy diversas como manufactura, transporte, salud, servicios públicos, entre otros, permitiendo mejorar situaciones prácticas y concretas.

De forma breve, el sistema utilizado por la IO comienza con el proceso de observación y formulación del problema, incluyendo la recolección de los datos pertinentes, seguido por la construcción y validación del modelo (generalmente matemático), con el cual se busca abstraer la esencia del problema real, para culminar proporcionando resultados y conclusiones que colaboren en la toma de decisiones ante la solución del problema original.

En el presente trabajo, se presentan estrategias pedagógicas para abordar los modelos de programación lineal de transporte, transbordo y asignación, es decir, modelos matemáticos representados por funciones lineales cuyo objetivo es determinar la manera óptima de transportar y/o asignar bienes. Dichas estrategias se enfocan en la participación y motivación de los alumnos hacia la temática a partir de un estudio de casos de una empresa de transporte de productos refrigerados, una aplicación directa en un caso local de logística inversa y un ejemplo de cómo la IO puede ayudar a la toma de decisiones en una situación de interés para los alumnos (asignación de posiciones en un equipo de fútbol). Para la resolución de dichos modelos se utilizar el software *POM-QM for Windows*¹. POM-QM (Production and Operations Management, Quantitative Methods) es una herramienta que contiene los principales métodos cuantitativos para las asignaturas de investigación de operativa, así como otras propias de la carreras de Ingenierías.

2. METODOLOGÍA

Se abordan tres modelos de transporte de programación lineal a través de metodologías innovadoras y que buscan captar el interés y la participación de los alumnos en la clase. Las mismas se detallan a continuación.

a. Estudio de casos para abordar el modelo de transporte

El estudio de casos puede utilizarse en la enseñanza tanto con casos reales como con casos especialmente contruidos para el curso. Permiten ser utilizados como una estrategia de trabajo para abordar un tema, como parte de un conjunto de herramientas, o bien pueden constituir la propuesta de toda la asignatura (4).

En esta ocasión, el caso utilizado estuvo constituido por una parte verídica y otra ficticia, construida por el docente. Los objetivos de la estrategia procuran, por un lado, introducir el modelo de transporte de programación lineal, y por otro lado, desarrollar capacidades de análisis de una situación para poder abstraer la información más pertinente del problema en cuestión. Asimismo se desafía al alumno a opinar sobre diversas cuestiones de la realidad económica de la empresa presentada con motivo de generar debate en el grupo y no perder de vista la situación y contexto del caso.

Descripción de la actividad

La actividad consiste en la exposición de un video (Ver Anexo 1) en el cual, el programa de televisión *Desafío Empresario*, de la localidad de General Roca en la provincia de Río Negro, realiza una entrevista a la dueña de una pequeña empresa de transporte de productos refrigerados (Empresa Sartore). En el mismo se describe el trabajo de la empresa y a su vez se plantea la problemática existente, relacionada con el desajuste del aumento de precios de los insumos utilizados y el estancamiento del valor del servicio y de los productos transportados (especialmente manzanas y peras). Por medio de una guía de preguntas acerca del video, se incita a la participación de los alumnos ofreciéndoles un espacio en donde puedan dar sus opiniones y contar sus experiencias. La guía se divide en tres fases de preguntas de menor a mayor análisis:

- Fase 1: Preguntas sobre el contenido explícito del video
- Fase 2: Preguntas de análisis a partir de la información del video.
- Fase 3: Situación ficticia vinculada a la información del video, creada por la docente, más una pregunta abierta, que da lugar a múltiples respuestas y opiniones.

Se resalta la lectura de las preguntas de las fases 1 y 2 previo a la exposición del video para tener presente el foco del estudio del caso que se pretende. Se procede a la reproducción

¹ Disponible en http://wps.prenhall.com/bp_weiss_software_1/

del video y posteriormente se abre el debate para responder a las preguntas de las fases 1 y 2 de la guía. Al llegar a la fase 3 de la misma, se ofrece una lectura grupal de la introducción planteada y se otorga un momento para que el alumno se sitúe y pueda pensar una solución al caso propuesto. Dado que, los buenos casos no tienen una única solución, sino muchas posibles y que tampoco exigen una decisión simple, sino un conjunto de decisiones vinculadas entre sí que deben ser fundamentadas (4), se da el espacio para que los alumnos den sus opiniones y puntos de vista, sin dar ninguna respuesta como incorrecta.

Resolución

Luego de encausar, junto con los alumnos, una respuesta relacionada a que la empresa debe analizar los beneficios de cada alternativa, previo a definir el camino a seguir, se procede a vincular dicha solución con el modelo de transporte de programación lineal como medio de ayuda a la toma de decisión. De este modo se plantean, como modelos matemáticos de programación lineal, las 4 situaciones posibles que tiene la empresa *Sartore* (ver Tabla 1) donde se busca, en cada uno, maximizar la contribución marginal del servicio.

Tabla 1. Situaciones posibles a elegir por la Empresa del estudio de casos

(s)	Situación	Cantidad de Camiones	Destinos del transporte	Temporada de trabajo
1	Actual	7	<ul style="list-style-type: none"> - Distintas chacras del Alto Valle de Río Negro a mercado interno, Brasil y Bolivia. - San Juan a Brasil 	Diciembre a Junio
2	Sólo incorporar 2 camiones	9	<ul style="list-style-type: none"> - Distintas chacras del Alto Valle de Río Negro a mercado interno, Brasil y Bolivia. - San Juan a Brasil 	Diciembre a Junio
3	Sólo incorporar el trabajo en Mendoza	7	<ul style="list-style-type: none"> - Distintas chacras del Alto Valle de Río Negro a mercado interno, Brasil y Bolivia. - San Juan a Brasil - Pcia de Mendoza 	Todo el año
4	Incorporar 2 camiones y el trabajo en Mendoza	9	<ul style="list-style-type: none"> - Distintas chacras del Alto Valle de Río Negro a mercado interno, Brasil y Bolivia. - San Juan a Brasil - Pcia de Mendoza 	Todo el año

Descripción del modelo

A continuación (Tabla 2) se exponen los modelos de cada situación posible de forma generalizada.

Tabla 2. Modelo de programación lineal de transporte para el estudio de caso

CONJUNTOS	
R	Conjunto de nodos $\{R_r\}_{r=1}^m$
S	Conjunto de situaciones $\{S_s\}_{s=1}^4$
PARÁMETROS	

m	Cantidad total de nodos.
D_j^s	Cantidad de producto demandado para su transporte por el nodo j en la situación s .
$G_{i,j}$	Contribución marginal de transportar una tonelada de producto desde el nodo i al j .
C^s	Capacidad total de transporte en la situación s (sumatoria de la capacidad de los camiones disponibles).
T	Costo de transportar los camiones hasta la ciudad de Mendoza.
VARIABLES	
$X_{i,j}$	Toneladas de producto a transportar del nodo i al j .
FUNCIÓN OBJETIVO SITUACIONES 1 Y 2	
$\max \sum_{i,j \in R} G_{i,j} X_{i,j}$	Maximizar la contribución marginal total del servicio de transporte
FUNCIÓN OBJETIVO SITUACIONES 3 Y 4	
$\max \left[\sum_{i,j \in R} G_{i,j} X_{i,j} - T \right]$	Maximizar la contribución marginal total del servicio de transporte considerando el costo (T) de transportar los camiones hasta la ciudad de Mendoza.
RESTRICCIONES	
$\sum_{i \in R} X_{i,j} = D_j^s$	La sumatoria de las toneladas de producto transportado debe ser igual a la demanda del nodo j en la situación s .
$\sum_{i,j \in R} X_{i,j} \leq C^s$	La sumatoria de las toneladas de producto transportado no puede ser mayor a la capacidad total de transporte en la situación s .
$X_{i,j} \geq 0, \forall i,j$	La variable debe ser positiva.

b. Logística Inversa en modelo de transbordo

El concepto de Logística Inversa se ha desarrollado en los últimos años como el proceso de mover bienes de su destino final típico a otro punto, con el propósito de capturar valor que de otra manera no estaría disponible para la disposición apropiada de los productos (8). Dicha concepción abarca muchos aspectos como reciclaje, reutilización y reventa, y a su vez, demanda de un plan integral de gestión de residuos. Es por esto que numerosos municipios han tomado conciencia sobre la importancia de la temática y han dado inicio a la llamada Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU). La misma tiene como objetivo incorporar y/o modificar alternativas de reducción de los RSU e incorporar los mejores métodos de valoración: reciclaje, reutilización, compostaje, recuperación de energía, entre otras (9).

Como estrategia de GIRSU, en la ciudad de Bahía Blanca se ha incorporado recientemente, la disposición de *Puntos Limpios* distintos barrios de la ciudad, con objeto de que el ciudadano deposite allí sus residuos reciclables generados en sus hogares. Luego, dichos residuos son transportados a centros de acopio y posteriormente vendidos a empresas recicladoras. Dicha situación, es explicada y presentada a los alumnos como se muestra en la Figura 1.

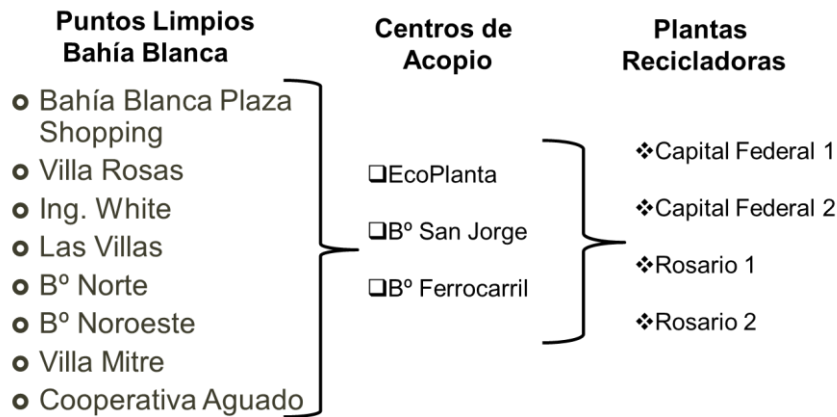


Figura 1. Etapas de logística inversa en Bahía Blanca

De este modo, se introduce a los estudiantes en los conceptos mencionados y se hace énfasis en la función de transbordo de los centros de acopio. Se relaciona el modelo de transporte de programación lineal ya visto en clases anteriores con el presente caso, incorporando el modelo de transbordo. Posteriormente, se presentan datos ficticios de distancias entre nodos, cantidad de material recolectado en los puntos limpios, capacidad de procesamiento de los centros de acopio y de las plantas recicladoras con el fin de plantear el problema de minimización de distancias recorridas al transportar el material reciclable de los puntos limpios a los centros de acopio y luego hacia las plantas recicladoras. Por último, se procede a la resolución del problema mediante el software POM-QM, ver Imagen 1 e Imagen 2.

	BBPS	VR	LW	LV	B.N	B.No	VM	CA	EcoPlanta	C.A B San	C.A.B. Ferr	SUPPLY
EcoPlanta	20	12	14	15	8	7	15	10	0	9999	9999	52
C.A B San Jorge	4	8	10	8	10	9	8	10	9999	0	9999	52
C.A B Ferr	10	5	6	8	5	4	8	8	9999	9999	0	52
C.F 1	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	440	550	550	10
C.F 2	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	650	650	650	15
Rosario 1	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	700	700	630	20
Rosario 2	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	752	752	752	13
DEMAND	8	6	9	4	5	5	6	9	52	52	52	

Imagen 1. Ingreso de datos en POM-QM para la resolución del modelo de transbordo

	BBPS	VR	LW	LV	B.N	B.No	VM	CA	EcoPlanta	C.A B San Jorge	C.A.B. Ferr	Dummy
Optimal cost =												
\$32356												
EcoPlanta						1		9	42			
C.A B San Jorge	8			4			6			34		
C.A B Ferr		6	9		5	4					28	
C.F 1									10			
C.F 2										11	4	
Rosario 1											20	
Rosario 2										7		6

Imagen 2. Resolución del software POM-QM para el modelo de transbordo

c. Organización de un equipo de fútbol mediante el modelo de asignación

Descripción de la actividad

La tercera estrategia a presentar tiene el objetivo de desarrollar el sentido del conocimiento de nivel externo vinculando el contexto de formación con el contexto de interés cotidiano de la mayoría de los alumnos. Tal contexto se relaciona con la organización de un equipo de fútbol en función de las habilidades de 11 jugadores en 11 posiciones. Tanto los jugadores como su puntaje de habilidad en cada posición son datos coherentes con la realidad (Ver Anexo 2) y conocidos por los alumnos, por tratarse de un equipo de fútbol argentino de primera división.

La finalidad de la dinámica es dar un ejemplo de aplicación del problema de programación lineal de asignación, es decir, cómo asignar jugadores a posiciones de forma de maximizar el rendimiento del equipo.

El procedimiento consiste en plantear a los estudiantes cómo asignarían los jugadores expuestos de forma que el rendimiento del equipo sea el mejor. Luego se deduce el modelo matemático que brindará dicha solución y posteriormente se resuelve con el software POM-QM.

Descripción del modelo

En la Tabla 3 se muestra el modelo de asignación de programación lineal necesario para resolver el problema planteado.

Tabla 3. Modelo de programación lineal de para el problema de asignación

CONJUNTOS	
J	Conjunto de jugadores $\{J_j\}_{j=1}^{11}$
P	Conjunto de posiciones en cancha $\{P_p\}_{p=1}^{11}$
PARÁMETROS	
$V_{j,p}$	Valor asignado para el jugador j en la posición p .
VARIABLES	
$X_{j,p}$	Variable Binaria. $X_{ij} = 1$, si el jugador j es asignado a la posición p ; 0, en otro caso.
FUNCIÓN OBJETIVO SITUACIONES 1 Y 2	
$\text{Max } Z = \sum_i \sum_j v_{j,p} x_{j,p}$	Maximizar el rendimiento del equipo de fútbol.
RESTRICCIONES	
$\sum_{j=1}^{11} x_{j,p} = 1, p \in P$	Solo puede asignarse un jugador j a una posición p .
$\sum_{p=1}^{11} x_{j,p} = 1, j \in J$	Solo puede asignarse una posición p un jugador j .

Resolución

Se procede a ingresar los datos en el Software POM-QM y luego se resuelve como se muestra en las imágenes siguientes (Imagen 3 e Imagen 4).

	Arquero	Defensor	Defensor	Defensor	Medio	Medio	Volante	Volante Izq	Enganche	Delantero	Delantero
Cavenaghi. F	2	2	3	3	5	4	5	5	7	8	9
Mercado G.	8	8	8	9	7	7	9	7	6	5	5
Mora R.	4	4	5	5	7	8	7	7	5	4	4
Maidana J.	7	9	9	9	7	6	7	7	5	4	4
Gutierrez T.	1	2	3	3	5	5	7	7	9	9	9
Pisculich L.	7	8	7	7	9	9	6	6	8	7	6
Varovero M.	10	8	7	7	7	7	6	6	4	4	4
Funes Mori R.	6	8	9	9	5	5	7	8	4	4	4
Sanchez C.	7	5	5	5	6	6	9	8	8	7	7
Pezzela G.	6	8	8	8	7	8	7	7	6	5	4
Boye L.	4	4	3	3	5	6	7	7	8	9	9

Imagen 3. Ingreso de datos en el software POM-QM para la resolución del problema de asignación

	Arquero	Defensor Central	Defensor Izq	Defensor Der	Medio Campista Izq	Medio Campista Der	Volante Der	Volante Izq	Enganche	Delantero Libre	Delantero Punta
Cavenaghi. F	2	2	3	3	5	4	5	5	7	8	Assign 9
Mercado G.	8	8	8	Assign 9	7	7	9	7	6	5	5
Mora R.	4	4	5	5	7	Assign 8	7	7	5	4	4
Maidana J.	7	Assign 9	9	9	7	6	7	7	5	4	4
Gutierrez T.	1	2	3	3	5	5	7	7	Assign 9	9	9
Pisculich L.	7	8	7	7	Assign 9	9	6	6	8	7	6
Varovero M.	Assign 10	8	7	7	7	7	6	6	4	4	4
Funes Mori R.	6	8	9	9	5	5	7	Assign 8	4	4	4
Sanchez C.	7	5	5	5	6	6	Assign 9	8	8	7	7
Pezzela G.	6	8	Assign 8	8	7	8	7	7	6	5	4
Lucas	4	4	3	3	5	6	7	7	8	Assign 9	9

Imagen 4. Resolución al problema de asignación mediante el software POM-QM.

d. Uso de cuestionarios para fomentar el aprendizaje continuo

En este apartado se comenta la experiencia surgida de la aplicación de cuestionarios obligatorios durante el cursado de una cátedra de IO como forma de fomentar el aprendizaje continuo de los alumnos. La modalidad que se utiliza es incluir tres cuestionarios como instancias evaluatorias en fechas diferentes y, preferentemente, alejadas de los parciales de la materia. El objetivo es que los cuestionarios fomenten la participación continua de los alumnos en las clases prácticas y un mayor interés por llevar al día la materia.

Los temas que se evalúan en los cuestionarios son temas teórico-prácticos desarrollados en la cátedra hasta una semana antes de la fecha del cuestionario. La metodología utilizada es de multiple-choice o de completar oraciones incompletas. Las principales ventajas de esta metodología es que permite la corrección rápida de las instancias de evaluación y, por lo tanto, permite que se comuniquen las calificaciones a los alumnos a la brevedad. Los cuestionarios son cortos, aproximadamente a los alumnos les requiere 20 minutos su realización, y de un nivel de dificultad moderado, inferior al de la instancias parciales. Los alumnos deben aprobar como mínimo dos cuestionarios para cursar la materia. Además, se establece que las calificaciones de los cuestionarios serían consideradas para la promoción de la materia.

3. RESULTADOS

Antes de comenzar a mencionar los resultados obtenidos, cabe aclarar que las tres primeras estrategias mencionadas fueron aplicadas por la docente en su primera experiencia en el dictado de la materia. Por lo tanto, no podrá mostrarse evidencia de la evolución de los resultados con respecto a años anteriores. El caso del uso de cuestionarios, como se verá más adelante, sí presenta una comparación con cursos previos por tratarse de una cátedra existente hace varios años

El mayor nivel de participación de los alumnos se mostró en la clase donde se aplicó la estrategia del estudio de caso. Notoriamente, hay una relación entre dicho nivel y la actividad ya que es la que permitía un espacio más abierto a comentarios y opiniones de los estudiantes, así como la posibilidad de contar y comparar la situación del caso con sus experiencias o conocimientos laborales. Asimismo, se generó debate respecto a otras cuestiones mencionadas en el video (políticas, económicas y cambiarias del país) lo que hizo más interesante el desarrollo de la clase. Las preguntas de la primera y segunda fase fueron muy bien respondidas de forma oral por todos los alumnos, lo que demuestra atención e interés por la temática del video y por la actividad en sí mismo.

La incorporación de la temática de logística inversa en el modelo de transbordo de programación lineal, logró el doble objetivo buscado de brindar concientización y a su vez incorporar contenido de la materia. Los estudiantes mostraron interés sobre la logística de residuos utilizada en la ciudad, las problemáticas de la basura y la mayoría confesó no estar enterado de los Puntos Limpios existentes. Desde el punto de vista del contenido de la materia, problema de transporte, la estrategia permitió introducir y ejemplificar un sistema troncal de la IO. La utilización de un enfoque simple e intuitivo, permitió construir el modelo desde la etapa conceptual, para luego, racionalizar y formalizar el concepto (formulación matemática) hasta llegar a una implementación concreta en el software POM-QM. Esto redundó en que el análisis de los resultados obtenidos del software fuera directo y asimilable por el estudiante.

En cuanto a la tercera estrategia relacionada con la organización de un equipo competitivo, cabe resaltar que, si bien la temática fútbol no corresponde a los principales intereses de algunos estudiantes, y esto podría resultar en una motivación menor o nula, considero que el fútbol siempre genera controversia, a favor o en contra, y que la situación que se generó en el aula permitió lograr niveles de motivación y atención mínimos adecuados para la presentación del modelo de asignación. Como primer resultado de la discusión, se observó que cada alumno generó de forma mental un modelo de asignación, aunque no supieran expresarlos en fórmulas matemáticas. Es decir, todos tenían claro que cada jugador puede ocupar una sola posición, que una posición puede ser ocupada por un solo jugador y que el objetivo es “asignar el mejor equipo posible”. De esta forma la introducción de las variables binarias fue la simple formalización de ese esquema mental formado por el alumno. Cabe mencionar que las variables binarias representan una estructura de modelada muy versátil e importante de la IO.

Con el objetivo de obtener *feedback* respecto del desarrollo de las clases, finalizado el cuatrimestre, se realizó una encuesta online y anónima a los alumnos. Algunos de los resultados obtenidos son:

- El 100% de los alumnos consideran las metodologías utilizadas en las clases, y descritas en el presente trabajo, como “Muy Buenas y que despiertan el interés por la temática en la clase”.
- 66,7% de los estudiantes consideran a la materia como “Completamente aplicable” en su desarrollo laboral, y el 33,3% respondió que “En alguna ocasión podría utilizar los contenidos vistos”. Dichos porcentajes, no sólo demuestran la importancia de los contenidos vistos sino que, manifiestan que el alumno ha podido establecer una relación de compromiso con el conocimiento al atribuirle el sentido personal y social que destaca Gisela Vélez en (6) y que fue mencionado en la introducción del presente trabajo.
- Comentarios respecto a los métodos implementados: “esta buena la forma de las clases, es didáctica y aplicable a situaciones reales”, “las clases didácticas del estilo del video funcionan, porque todos debatimos, y después nos damos cuenta de cómo hay que hacer las cuentas en el papel”, “los ejercicios aplicables a casos reales fueron los que más sirvieron en mi aprendizaje”.

Por otro lado, entre los principales resultados que se obtuvieron con la incorporación de los cuestionarios durante el cursado de la materia fue una importante participación de los alumnos en las clases prácticas de manera constante. Esto se diferenciaba de lo que ocurría otros años en los que esta participación sólo aumentaba en las épocas cercanas a los parciales y sus respectivos recuperatorios. Los alumnos realizaban los trabajos prácticos con mayor simultaneidad a los temas teóricos que eran dictados en la asignatura. El nivel de aprobados en los tres cuestionarios fue muy alto evidenciando que el fin del cuestionario no era otra que fomentar el aprendizaje y no constituirse en un impedimento para los alumnos. En el primer y segundo cuestionario no hubo alumnos desaprobados. En el tercero si bien hubo un porcentaje de desaprobados, este fue menor. Finalmente, también hubo una disminución del porcentaje de desaprobados del cursado de la asignatura con respecto a años anteriores.

4. CONCLUSIONES

Con el presente trabajo se intentó demostrar que si se presta atención a la situación de los alumnos y se trata de encontrar actividades interesantes que ayuden al aprendizaje de la asignatura, se podrán lograr resultados más favorables en relación al ambiente y desarrollo de la clase, así como a la incorporación de conocimientos por parte de los estudiantes.

En particular, la estrategia de implementación de cuestionarios se evidenció como una herramienta pedagógica útil para el desarrollo de la asignatura de IO fomentando el aprendizaje continuo en una materia que requiere de los conocimientos previos para el desarrollo de los nuevos.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a las docentes Nancy López y Elda Monetti de la Universidad Nacional del Sur por los aportes brindados al presente artículo.

5. ANEXOS

Anexo 1: Consignas utilizadas en la estrategia “Estudio de casos para abordar el modelo de transporte”. Link del video utilizado: <https://www.youtube.com/watch?v=RZafofo6Zao>

Trabajo Práctico
Estudio de caso de la empresa “Transporte Sartore”

Fase 1:
Al ver el video prestar atención a:

1. Características de la Empresa.
2. Características del servicio que realiza la Empresa.
3. Factores que influyen en el costo del servicio brindado.

Fase 2:
Responder

4. ¿Qué problemáticas se identifican en el normal funcionamiento de la empresa?
5. ¿Cómo influyen las variaciones de producción de la zona en la empresa?

Fase 3:
La empresa está evaluando la posibilidad de invertir en nuevos camiones térmicos para atender a un posible aumento de demanda en temporada. Gabriela Sartore informó que estarían en condiciones de incorporar hasta 2 nuevos camiones.
Por otro lado, recientemente llegó una propuesta de trabajo de una Cooperativa de productores mendocinos que posibilitaría el desarrollo de actividades durante los meses de Junio a Diciembre.
A partir de esto, Sartore decide contratar una consultora especialista en logística para que le ayude a analizar la situación y poder tomar una decisión.
Usted es parte de dicha consultora. El trabajo de la empresa “Transporte Sartore” se le encomienda a usted. ¿Cómo comenzaría su trabajo? (Escribir la respuesta).

Anexo 2: Tabla de valores de rendimiento, en base 10, de cada jugador en cada posición. Valores ficticios. Dicha información se utiliza en la estrategia “Organización de un equipo de fútbol mediante el modelo de asignación”.

Jugador	Posición										
	Arquero	Defensor central	Defensor Izquierda	Defensor Derecha	Medio-campista Izquierda	Medio-campista Derecha	Volante Derecha	Volante Izquierda	Enganche	Delantero libre	Delantero Punta
Cavenaghi F.	2	2	3	3	5	4	5	5	7	8	9
Mercado G.	8	8	8	9	7	7	9	7	6	5	5
Mora R.	4	4	5	5	7	8	7	7	9	9	9
Maidana J.	7	9	9	9	7	6	7	7	5	4	4
Gutierrez T.	1	2	3	3	5	5	7	7	9	9	9
Pisculich L.	7	8	7	7	9	9	6	6	8	7	6
Varovero M.	10	8	7	7	7	7	6	6	4	4	4
Funes Mori R.	6	8	9	9	5	5	7	8	4	4	4
Sanchez C.	7	5	5	5	6	6	9	8	8	7	7
Pezzela G.	6	8	8	8	7	8	7	7	6	5	4
Boye L.	4	4	3	3	5	6	7	7	8	9	9

6. BIBLIOGRAFÍA

- (1). Sitio Web de la Universidad Nacional del Sur. En línea:
<http://www.servicios.uns.edu.ar/grado/carreraplan.asp?dependen=00006&carrera=0000>
6.
 - (2). **Bernat, Ronald** (2001). *Los límites de la competencia: El conocimiento, la educación superior y la sociedad*. Investigación Bibliotecológica. Vol. 22. Nº46. Págs. 226-235. Barcelona.
 - (3). **Philippe, Perrenoud** (2000) Construir competencias. Brasil. En línea:
<http://redecu.uach.mx/concepto/Construir%20competencias.Entrevista%20con%20Philippe%20Perrenoud.pdf>.
 - (4). **Mastache, Anahi; Miguez, Daniel; Nantes, Luis; Cedrato, María Liliana; Orlando, María Teresita; Kurlat, Miriam** (2007). *Formar personas competentes. Desarrollo de competencias tecnológicas y psicosociales*. Buenos Aires. Novedades Educativas.
 - (5). **Rodríguez Sánchez, Manuel** (2011). Capítulo 3: El Profesor en el Aula. Metodología docente orientada al desarrollo de las competencias. [aut. libro] Sonia Morales Campo. *Nuevos contextos de enseñanza y aprendizaje en el espacio Europeo de Enseñanza Superior*. Buenos Aires. Miño y Dávila.
 - (6). **Vélez, Gisela** (2005). *Aprender el oficio de estudiante universitario*. Colección de Cuadernillos. Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto.
 - (7). **Taha, Hamdy A.** (2004). *Investigación de Operaciones*. México. Pearson Educación. Buenos Aires.
 - (8). **Rogers, Dale; Lembke, Ronald** (2012). *Modeling and Analysis of Reverse Logistics*. *Journal of Business Logistics*. Vol. 33. Págs. 107-117.
 - (9). **Barradas Rebolledo, Alejandro** (2009). *Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales. Estado del Arte*. Veracruz, México.