



## II Seminario de Investigación en Economía: Sustentabilidad y Nanotecnología



# REDUCCIÓN ÓPTIMA DE INSUMOS EN LOS COMEDORES DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS

*Cándido Frausto Carrillo, Analley J. Madera Tabullo,  
M. Hernández-Ortiz, José del Carmen Arteaga Soto*

Estudiantes de la Licenciatura en Economía de la Universidad Autónoma de Zacatecas<sup>2</sup>, México.

## RESUMEN

El principal objetivo de este trabajo es mostrar un método, que podría utilizar la universidad, para contribuir al mayor aprovechamiento de los recursos de los comedores universitarios y maximizar su rendimiento, ya que de éstos depende la alimentación de maestros, estudiantes y trabajadores de la Institución.

Palabras clave: minimización de costos, métodos de programación lineal, comedor comunitario.

## INTRODUCCIÓN

La alimentación es indispensable para cualquier persona, su importancia radica en cumplir con las necesidades nutrimentales que requiere el cuerpo para funcionar correctamente, así, de una manera adecuada, propicia un buen estado de salud, además puede impactar en el desarrollo y la calidad de vida de las personas. Para el entorno estudiantil esta actividad es fundamental para que la activación de energía se traduzca en el desarrollo de capacidades y a su vez impacte en el rendimiento académico; la relación logro académico-alimentación es negativa cuando esta última se ve afectada.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU), a través de su extensión para la Alimentación y la Agricultura (FAO), expresa que la importancia de la alimentación, en escolares y adolescentes, radica en ser una necesidad para crecer, ser físicamente activos, desarrollarse y tener energía para estudiar, aprender. La ONU, también tiene como objetivo desarrollar programas y políticas, a través de los gobiernos, para lograr los Derechos Humanos de los niños, es decir, que tengan acceso a la alimentación, la educación y la salud. A través de intervenciones complementarias, como comidas escolares saludables y educación sobre alimentación y nutrición (FAO, 2020).

Descrito lo anterior, varios países realizan estrategias para atender la alimentación del estudiante. Según un estudio elaborado por el Programa Mundial de Alimentos (PMA), la alimentación escolar está presente en casi todos los países del mundo, se estima que al menos 368 millones de estudiantes son alimentados diariamente cuando asisten a la escuela (PMA, 2013). Para la región de América Latina y el Caribe, la FAO, por medio de la Educación Alimentaria y Nutricional (EAN) realizó un Encuentro Regional para la consolidación de los Programas de Alimentación Escolar en la región, donde se contó con la participación de 13 países, los cuales presentaron los principales avances y experiencias nacionales en sus Programas de Alimentación Escolar (FAO, 2018).

Para el caso de México, el gobierno, en coordinación con el Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF) y la Secretaría de Educación Pública (SEP), ha emitido programas y/o estrategias nacionales relacionadas con la alimentación escolar; en el caso de Zacatecas se ha tenido preocupación por el desarrollo de la alimentación de los estudiantes.



## II Seminario de Investigación en Economía: Sustentabilidad y Nanotecnología



Dentro de la Educación Superior, existen universidades que ofertan estas estrategias. La Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ) oferta becas de alimentación para estudiantes, inscritos en alguno de sus programas, que sean de escasos recursos económicos y tengan alto rendimiento académico. Este servicio es administrado y supervisado por el Centro de Aprendizaje y Servicio Estudiantil (CASE) de la Universidad, y ofrece a los alumnos alternativas para el ingreso, permanencia y culminación de sus estudios de nivel medio, medio superior y superior.

La UAZ figura como la segunda universidad menos costosa del país; Antonio Guzmán Fernández, Rector de esta Institución, aseguró que, pese al aumento de las cuotas escolares en algunas Unidades Académicas, esta institución es la segunda más barata en todo el país, después de la

### TEORÍA

La programación lineal utiliza un modelo matemático para describir el problema. El adjetivo lineal significa que todas las funciones matemáticas del modelo deben ser funciones lineales. En este caso, la palabra programación no se refiere a términos computacionales, en esencia es sinónimo de planeación. Por lo tanto, la programación lineal involucra la planeación de actividades para obtener un resultado óptimo; esto es, el resultado que mejor alcance la meta especificada —de acuerdo con el modelo matemático— entre todas las alternativas factibles (Hillier, 2010).

Esta programación utiliza una serie de métodos de solución, entre los más ilustrativos y más usados están: el método gráfico y método simplex; el primero, consiste en representar cada una de las restricciones y encontrar, del área factible, por medio de razones trigonométricas, en uno de sus vértices la mejor solución. Por otra parte, el método simplex es un método iterativo, consiste en caminar del vértice de un poliedro a un vértice vecino, de manera que aumente o disminuya, según el contexto de la función objetivo (ya sea maximizar o minimizar), dado que el número de vértices que presenta un poliedro solución es finito, siempre se hallará solución (Salazar, 2019).

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (LERMA, 2017).

La Universidad dispone de seis comedores distribuidos dentro de algunas Unidades Académicas: Agronomía, Campus UAZ Siglo XXI, Ingeniería, Preparatoria II y Psicología. Para este proyecto se tomó como referencia el comedor de Ingeniería que, según datos otorgados por el CASE, atiende un aproximado de 2,000 estudiantes por servicio.

Debido a la crisis que presenta la UAZ, el servicio de comedor se ve afectado de manera directa. Por tal motivo, es de gran utilidad formular un proyecto que, a través de la programación lineal, logre una optimización en los insumos que emplea la Universidad en este servicio estudiantil y así pueda lograr una minimización en los gastos de éste.

La programación lineal como herramienta es utilizada en diversos ámbitos; su fin es optimizar el valor de una función objetivo. Sin embargo, se presentan dos opciones: obtener el valor óptimo mayor (maximizar) u obtener el valor óptimo menor (minimizar). Para el análisis correspondiente, la utilización de la optimización será a través de la minimización de costos, ésta es una estrategia utilizada por las empresas y/o instituciones para mejorar su rentabilidad económica en la búsqueda de un apalancamiento financiero positivo y un incremento en la rentabilidad financiera (Morillo, 2001).

Particularmente, la reducción de costos a partir de la optimización de insumos se puede utilizar en restaurantes y centros de alimentación, como comedores comunitarios que necesiten optimizar los recursos destinados, con el objetivo de minimizar sus gastos. En la optimización del menú se consideran solo los costos de materia prima para la preparación de éste, "... el operador del modelo de optimización de menú, de comedor industrial, debe tener conocimientos de nutrición y de programación lineal. Los comedores pueden realizar varias combinaciones de menús



## II Seminario de Investigación en Economía: Sustentabilidad y Nanotecnología



optimizados y lograr una significativa disminución de costos” (Guerrero, 2010).

Dentro del país existen comedores comunitarios, que, a partir del decreto establecido por el Sistema Nacional para la Cruzada contra el Hambre (SINHAMBRE), a través de la Secretaría de Desarrollo Social tienen el objetivo de generar condiciones de acceso a la alimentación para la población en zonas de atención prioritaria. Los Comedores Comunitarios se constituyen en el espacio físico y social del quehacer comunitario para la preparación y el consumo de alimentos entre una población, y los alimentos son preparados por mujeres y hombres de la comunidad; con ello, las personas que asisten a estos comedores, consiguen soluciones a algunas de sus necesidades prioritarias, como el acceso al consumo de alimentos y la transformación de hábitos alimentarios (SEDESOL, 2017).

En contexto, se han desarrollado varios programas que se aplican dentro de las Instituciones de Educación Pública, uno de ellos se implementa

dentro de las Escuelas de Tiempo Completo, el Servicio de Alimentación que brindan, busca beneficiar a las alumnas y los alumnos a través del suministro de alimentos y bebidas acordes a una correcta nutrición. Según datos que proporciona el departamento de Escuelas de Tiempo Completo, a través de la Ley de Transparencia del Estado de Zacatecas, son 900 escuelas las que están dentro de este programa, de las cuales 350 ofertan el servicio de alimentación atendiendo alrededor de 40,000 estudiantes (SEDUZAC, 2016).

De igual forma, en México, por medio del DIF, Institución responsable de conducir políticas públicas en materia de asistencia social, se encuentran funciones como la entrega de raciones alimentarias en las escuelas del nivel básico, a través del “Programa de Desayunos Escolares”, que garantiza el acceso de alimentos nutritivos a niñas, niños y adolescentes escolares en condiciones de vulnerabilidad. Lo mismo hace el Sistema Estatal para el Desarrollo Integral de la Familia (SEDIF) de Zacatecas (FAO, S/A).

### METODOLOGÍA

Para el presente proyecto, por medio de la programación lineal, se utilizó el *método simplex*, específicamente desarrollado a partir de un software llamado PHPSimplex, herramienta online utilizada para resolver problemas de programación lineal. Dicho programa es capaz de resolver problemas mediante los *métodos: simplex*, de las *dos fases* y el *gráfico*.

Como se planteó anteriormente, el *método simplex* es un procedimiento iterativo que permite mejorar la solución de la función objetivo en cada paso. Este método se basa en la siguiente propiedad: si la función objetivo  $Z$  no toma su valor máximo en el vértice  $A$ , entonces existe una arista que parte de  $A$  y, a lo largo de la cual, el valor de  $Z$  aumenta.

Para el caso a análisis el objetivo es de minimización, por lo cual:

- Condición de parada: cuando en la fila  $Z$  no aparece ningún valor positivo.
- Condición de entrada a la base: el mayor valor positivo en la fila  $Z$  indica la variable que entra a la base.
- Condición de salida de la base: una vez obtenida la variable entrante, la variable que sale se determina mediante el menor cociente de los estrictamente negativo.

En este método es necesario una función objetivo sujeta a determinadas restricciones. De forma

ejemplificada, se presenta en cada una de las fases del problema.



## II Seminario de Investigación en Economía: Sustentabilidad y Nanotecnología



### 1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema se formula en base a minimizar los gastos del comedor que más estudiantes atiende, por ello se ha diseñado la siguiente tabla, que describe

los datos que ha de utilizar para la creación de la función objetivo:

Tabla 1. Datos a utilizar para la creación de la función objetivo				
VARIABLES	Desayuno	Comida	Cena	Disponible
Bebida	200 L	280 L	280 L	760 L
Alimento	210 kg	230 Kg	230 Kg	670 Kg
Tiempo	3 Hrs	5 Hrs	7 Hrs	15 Hrs
Gasto diario:	\$ 15,000	\$ 20,000	\$ 21,000	

Fuente: elaboración propia en base a estimaciones emitidas por el Coordinador de comedores.

### 2.- DESARROLLO DEL PROBLEMA

La tabla 2 muestra los datos ordenados de manera que se refleje la función objetivo:

Tabla 2. Datos por unidad del comedor Jesús Pérez Cuevas (Ingeniería)					
VARIABLES	Desayuno	Comida	Cena	Coefficientes de las variables	Valor de la función objetivo
Restricciones	X1	X2	X3		
Bebida	.1	.14	.14	$\geq$	500
Alimento	105	115	115	$\geq$	670000
Tiempo	.9	.15	.21	$\geq$	900
Función Objetivo Z					
Gasto diario	7.5	10	10.5		

Nota: los datos reales totales se calcularon por unidad tomando como referencia los 2,000 estudiantes que acuden al comedor.

- El tiempo de Hrs a min.
- En la bebida los datos se expresan en litros.
- En cuanto al alimento pasó de kg a g.



## II Seminario de Investigación en Economía: Sustentabilidad y Nanotecnología



La primera columna de la tabla contiene las variables que se encuentran en la base (o variables básicas), esto es, aquellas que toman valor para proporcionar una solución; la segunda columna recoge los coeficientes que dichas variables básicas tienen en la función objetivo; la tercera muestra el término independiente de cada restricción, a partir de ésta aparece una columna por cada una de las

variables de decisión y holgura presentes en la función objetivo.

Sobre esta tabla se agregan dos nuevas filas: una de ellas, que lidera la tabla, donde aparecen los coeficientes de las variables de la función objetivo, y una última fila que recoge el valor de la función objetivo y los costes reducidos  $Z_j - C_j$ .

### 3.- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

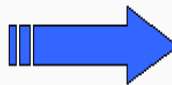
Pasamos el problema a la forma estándar, añadiendo variables de exceso, holgura, y artificiales según corresponda (**mostrar/ocultar detalles**)

- Como la restricción 1 es del tipo ' $\geq$ ' se agrega la variable de exceso  $X_4$  y la variable artificial  $X_7$ .
- Como la restricción 2 es del tipo ' $\geq$ ' se agrega la variable de exceso  $X_5$  y la variable artificial  $X_8$ .
- Como la restricción 3 es del tipo ' $\geq$ ' se agrega la variable de exceso  $X_6$  y la variable artificial  $X_9$ .

**MINIMIZAR:**  $7.5 X_1 + 10 X_2 + 10.5 X_3$

sujeto a

$$\begin{aligned} .1 X_1 + .14 X_2 + .14 X_3 &\geq 500 \\ 105 X_1 + 115 X_2 + 115 X_3 &\geq 670000 \\ .09 X_1 + .15 X_2 + .21 X_3 &\geq 900 \\ X_1, X_2, X_3 &\geq 0 \end{aligned}$$



**MAXIMIZAR:**  $-7.5 X_1 - 10 X_2 - 10.5 X_3 + 0 X_4 + 0 X_5 + 0 X_6 + 0 X_7 + 0 X_8 + 0 X_9$

sujeto a

$$\begin{aligned} 0.1 X_1 + 0.14 X_2 + 0.14 X_3 - 1 X_4 + 1 X_7 &= 500 \\ 105 X_1 + 115 X_2 + 115 X_3 - 1 X_5 + 1 X_8 &= 670000 \\ 0.09 X_1 + 0.15 X_2 + 0.21 X_3 - 1 X_6 + 1 X_9 &= 900 \\ X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9 &\geq 0 \end{aligned}$$

Pasamos a construir la primera tabla de la Fase I del método de las Dos Fases.

- Variables de exceso:  $X_4$ ,  $X_5$  y  $X_6$ .
- Variables artificiales:  $X_7$ ,  $X_8$  y  $X_9$ .

Proceso del PHP simplex:

<b>Tabla 1</b>			0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1
<b>Base</b>	<b>C<sub>b</sub></b>	<b>P<sub>0</sub></b>	<b>P<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>4</sub></b>	<b>P<sub>5</sub></b>	<b>P<sub>6</sub></b>	<b>P<sub>7</sub></b>	<b>P<sub>8</sub></b>	<b>P<sub>9</sub></b>
P <sub>7</sub>	-1	500	0.1	0.14	0.14	-1	0	0	1	0	0
P <sub>8</sub>	-1	670000	105	115	115	0	-1	0	0	1	0
P <sub>9</sub>	-1	900	0.09	0.15	0.21	0	0	-1	0	0	1
<b>Z</b>		-671400	-105.19	-115.29	-115.35	1	1	1	0	0	0



## II Seminario de Investigación en Economía: Sustentabilidad y Nanotecnología



Tabla 2			0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1
Base	C <sub>b</sub>	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>8</sub>	P <sub>9</sub>
P <sub>3</sub>	0	3571.4285714286	0.71428571428571	1	1	-7.1428571428571	0	0	7.1428571428571	0	0
P <sub>8</sub>	-1	259285.71428571	22.857142857143	0	0	821.42857142857	-1	0	-821.42857142857	1	0
P <sub>9</sub>	-1	150	-0.06	-0.06	0	1.5	0	-1	-1.5	0	1
Z		-259435.71428571	-22.797142857143	0.059999999999999	0	-822.92857142857	1	1	823.92857142857	0	0

Tabla 3			0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1
Base	C <sub>b</sub>	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>8</sub>	P <sub>9</sub>
P <sub>3</sub>	0	4285.7142857143	0.42857142857143	0.71428571428571	1	0	0	-4.7619047619048	0	0	4.7619047619048
P <sub>8</sub>	-1	177142.85714286	55.714285714286	32.857142857143	0	0	-1	547.61904761905	0	1	-547.61904761905
P <sub>4</sub>	0	100	-0.04	-0.04	0	1	0	-0.66666666666667	-1	0	0.66666666666667
Z		-177142.85714286	-55.714285714286	-32.857142857143	0	0	1	-547.61904761905	1	0	548.61904761905

Tabla 4			0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1
Base	C <sub>b</sub>	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>8</sub>	P <sub>9</sub>
P <sub>3</sub>	0	5826.0869565217	0.91304347826087	1	1	0	-0.008695652173913	0	0	0.008695652173913	0
P <sub>6</sub>	0	323.47826086957	0.10173913043478	0.06	0	0	-0.0018260869565217	1	0	0.0018260869565217	-1
P <sub>4</sub>	0	315.65217391304	0.027826086956522	6.9388939039072E-18	0	1	-0.0012173913043478	0	-1	0.0012173913043478	0
Z		2.91E-11	1.0E-14	-1.0E-14	0	0	-0	0	1	1	1





## II Seminario de Investigación en Economía: Sustentabilidad y Nanotecnología



Tabla 1			-7.5	-10	-10.5	0	0	0
Base	$C_b$	$P_0$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$
$P_3$	-10.5	5826.0869565217	0.91304347826087	1	1	0	-0.008695652173913	0
$P_6$	0	323.47826086957	0.10173913043478	0.06	0	0	-0.0018260869565217	1
$P_4$	0	315.65217391304	0.027826086956522	6.9388939039072E-18	0	1	-0.0012173913043478	0
<b>Z</b>		-61173.913043478	-2.0869565217391	-0.5	0	0	0.091304347826087	0

### RESULTADOS

En base al objetivo de minimizar los gastos generados en el comedor estudiantil, tomando en cuenta que el tiempo de fabricación se considera en minutos, la bebida en litro y la cantidad de alimento proporcionada en gramos, este análisis se realizó para 2,000 estudiantes, que se estima son los que visitan la instalación del comedor estudiantil Jesús Pérez Cuevas (ingeniería).

Mediante este trabajo se pretendió que resultara más efectivo el servicio de comedores estudiantiles en la Universidad, así, adecuar los costos de producción de los alimentos además del tiempo que se le dedica a brindar este servicio y maximizar el

rendimiento de éste se convierte en un beneficio para los recursos que se les destinan a los comedores.

Dado el análisis realizado, se logró obtener una minimización del gasto total a 54,528.46 por semana, el valor inicial del gasto es 56,000; el ahorro de presupuesto sería de 1,471 pesos, que, si se multiplican por las 4 semanas del mes que brindan el servicio, serían 5,880 pesos mensuales en ahorro. En el desayuno se obtiene una minimización de gasto en consumo de 3,180 pesos, mientras que en la cena serán 2,923 pesos.

### CONCLUSIONES

Se lograron obtener resultados favorables en cuanto al desayuno y cena, en cuanto a la comida no se pudo minimizar el gasto, debido a la cantidad de estudiantes que recibe a esa hora el comedor (la mayoría becarios) y al bajo costo que tiene; por lo que la ganancia es menor y se tiene que invertir en los insumos.

En el desayuno se obtiene una minimización de gasto en insumo de 3,180 pesos, mientras que en la cena 2,923 pesos; esto se debe a que, de acuerdo con los datos proporcionados por el CASE, en el

desayuno y la cena es menor la cantidad de becarios que acceden al servicio.

Al modificar alguna de las variables, para que en el caso de la comida se obtenga un resultado favorable y se pueda lograr el objetivo, se aplicó una medida en cuanto al gasto, pero, de igual manera, una de las variables no daba el resultado esperado (minimizar).

Otra alternativa que se puede implementar es regular las porciones de alimentos, ya que no se tiene un control en cuanto a los desperdicios que se generan.



## II Seminario de Investigación en Economía: Sustentabilidad y Nanotecnología



### REFERENCIAS

- FAO. (2018). Países cosechan buenos resultados de sus programas de alimentación escolar. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Brasil.
- FAO. (2020). Marco para la Alimentación y la Nutrición Escolar. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma.
- FAO. (S/A). Alimentación Escolar Saludable en Zacatecas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura en México. México.
- Hillier, F. S. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones*. México, D.F. McGraw-Hill/interamericana editores.  
<https://documents.wfp.org/stellent/groups/public/documents/communications/wfp262185.pdf>
- LERMA, M. C. (04 de 10 de 2017). Pese al aumento de cuotas, es UAZ la segunda institución más barata: Rector. *La Jornada Zacatecas*, pág. 1.
- Morillo, Marisela. (2001). Rentabilidad Financiera y Reducción de Costos. *Actualidad Contable FACES*. 4(4). Venezuela.
- PHPSimplex. Método simplex. Consultado el 15/11/2010, en:  
[http://www.phpsimplex.com/teoria\\_metodo\\_simplex.htm](http://www.phpsimplex.com/teoria_metodo_simplex.htm)
- Programa Mundial de Alimentos (PMA). (2013). El Estado de la Alimentación Escolar a Nivel Mundial. Roma.
- Salazar L. Bryan. (2019). Métodos de programación Lineal. Ingeniería Industrial. ONLINE, COM. Colombia. Consultado: 15/11/2020 en <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/>
- SEDESOL. (2017). Comedores Comunitarios. *Diario Oficial*, segunda sección.
- SEDUZAC. (2016). *Programa de Escuelas de Tiempo Completo*. Zacatecas: Ley de transparencia. Obtenido de Transparencia Zacatecas.