

UN MODELO MATEMÁTICO PARA CALCULAR EL COSTO DE MANUTENCIÓN DE UN ESTUDIANTE DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA (U.N.A.M.)

*JUAN CARLOS MICHALUS¹,
MARÍA DEL CARMEN IBARRA²*

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones - Argentina

RESUMEN

Este artículo presenta los resultados de una investigación cuyo objetivo fue encontrar un modelo matemático que permita determinar con cierto grado de precisión el costo mensual que debe afrontar un alumno que estudia en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones.

Se estudiaron los componentes del costo de manutención, estableciendo cuáles son los más significativos y finalmente se construyó un modelo matemático utilizando regresión lineal múltiple considerando los factores principales en base a regresores cualitativos. Se realizaron pruebas estadísticas que arrojaron resultados satisfactorios poniendo de manifiesto la bondad del modelo. Se desarrolló un software de aplicación sencillo de utilizar, el que se puso a disposición de la comunidad a través de la página web de la Facultad de Ingeniería.

ABSTRACT

This paper presents the results of a research whose objective was to find a mathematical model in order to determine, with a certain degree of precision, the monthly cost which should be afforded by a student of Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (FI-U.Na.M.).

The cost of living was analysed determining the most significant components. Finally a mathematical model was built. For this purpose a Multiple Lineal Regression was used. Statistical tests were made which showed positive results. A user-friendly software was developed to allow the community to consult on the Web Page of FI-U.Na.M.

Palabras claves:

Costo de Manutención. Modelo Matemático. Regresión Lineal Múltiple.

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones, J. M. Rosas 325 C.P. 3360 - Oberá, Misiones, Argentina

e-mail: michalus@fiobera.unam.edu.ar

² Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones, J. M. Rosas 325 C.P. 3360 - Oberá, Misiones, Argentina

e-mail: ibarra@fiobera.unam.edu.ar

1. INTRODUCCIÓN

Cuando algún integrante de la familia está próximo a iniciar una carrera universitaria, una de las principales preocupaciones es estimar el monto mensual que se deberá destinar para su manutención.

Si bien cada uno puede evaluar estos costos de manera aproximada, un análisis con bases técnicas firmes y comprobables, permitiría un resultado mucho más preciso y seguro a la hora de analizar su incidencia en el presupuesto.

Este trabajo pretende ofrecer una herramienta que haga posible el cálculo confiable de esos costos, mediante la consideración de los principales factores, en una expresión matemática sencilla.

Se plantea entonces como objetivo: **Encontrar un modelo matemático que determine el costo promedio de manutención de un estudiante de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones (U.Na.M.), en función de los principales factores que intervienen, que sea confiable, sencillo de manejar y de comprender sus resultados.**

Este estudio está enfocado hacia aquellos estudiantes cuyo lugar de origen está fuera de la localidad donde se encuentra la Facultad de Ingeniería (ciudad de Oberá, provincia de Misiones) y que están obligados a afrontar el gasto de alquiler de una vivienda. No han sido considerados aquellos casos de alumnos que viven en casa de sus padres u otros familiares sin pagar alquiler.

Mediante encuestas exploratorias se ha determinado que el costo de manutención de un estudiante está compuesto por varios factores, entre ellos:

- Vivienda,
- Alimentación,
- Material didáctico (hojas, fotocopias, diskettes y artículos de librería en general),
- Transporte (urbano),
- Recreación,
- Salud,
- Servicios (luz, agua, teléfono, Internet, etc.),

Pero a su vez, cada ítem mencionado presenta varias alternativas, por ejemplo:

El rubro Vivienda puede comprender el alquiler de:

- Un departamento individual,
- Una habitación individual,
- Una casa alquilada en forma compartida.

El rubro Alimentación, a su vez, presenta las siguientes alternativas:

- Comer en el comedor universitario, abonando el costo total o parcial correspondiente,
- Cocinar y comer en la vivienda,
- Comprar comida ya preparada y comer en la vivienda,
- Realizar una combinación de las opciones anteriores.

Se podría estimar el costo mensual sumando directamente las contribuciones de cada uno de los factores, pero esto presentaría oscilaciones importantes, ya que por ejemplo, los precios de

los alquileres varían notablemente según las características del inmueble y su ubicación; también los precios de las comidas en los diferentes comercios presentan variaciones. Además, esto implica conocer los precios “in situ”, lo que es muy difícil para familias que viven en lugares alejados de la ciudad de Oberá. Asimismo, hay muchos factores que no se toman en cuenta por desconocimiento, olvido, etc; pero que a la hora de afrontar los gastos se hacen notar. La propuesta es encontrar un modelo matemático – cuyo manejo e interpretación sean relativamente sencillos – mediante el cual se estime este gasto mensual con la mayor certeza posible, disminuyendo así las fluctuaciones a las que se hizo referencia.

Construir modelos obliga al individuo a pensar con claridad y explicar todas las interrelaciones importantes implicadas en un problema. Fiarse de la intuición puede ser peligroso a veces debido a la posibilidad de que se ignoren o se usen de manera inapropiada relaciones importantes. [5, p.XXI]

2. METODOLOGÍA

Para llevar adelante este trabajo, se siguieron los siguientes pasos:

- Se definió el modelo a utilizar.
- Se seleccionó la muestra de la población en estudio, mediante muestreo aleatorio simple.
- Se elaboró y validó el cuestionario, que se aplicó en forma auto administrada.
- Se analizaron datos ausentes, casos atípicos y se efectuaron pruebas de comprobación de normalidad, linealidad y colinealidad.
- Se obtuvieron los parámetros del modelo para varias alternativas o combinaciones posibles de factores que influyen en el costo de manutención total. En cada caso, se efectuó la prueba “t”, la prueba “F” y se determinó el coeficiente R^2 . Finalmente, se seleccionó la alternativa que mejor resultado brindaba.

3. DISEÑO DEL MODELO

Como se dijo, el objetivo que se persigue es representar la relación entre el gasto mensual de manutención y los factores determinantes del mismo mediante una ecuación («modelo» matemático), que reflejará la situación real en estudio, mediante una relación específica entre las variables involucradas.

La construcción de un modelo explícito va acompañada de la validación del mismo, situación que se pasa por alto al realizar pronósticos o estimaciones caseras.

El análisis estadístico de las relaciones individuales que forman un modelo, y del modelo como un conjunto, hace posible adjuntar una medida de confianza a los pronósticos del modelo.

[5, p.XXI]. Esa última cuestión es tan importante como efectuar el pronóstico propiamente dicho, ya que permiten tener una idea del error en que se puede incurrir.

De acuerdo a lo presentado, el problema incluye diferentes variables (costo total de manutención, costo de vivienda, costo de alimentación, etc.), de manera que se lo puede encuadrar dentro del **Análisis Multivariante**, que en un sentido amplio, se refiere a todos los métodos estadísticos que analizan simultáneamente medidas múltiples de cada individuo u objeto de investigación [2, p. 4].

El Análisis Multivariante es un conjunto de técnicas estadísticas de análisis de datos, Dentro de éstas, la *regresión múltiple es el método de análisis apropiado cuando el problema del investigador incluye una única variable métrica dependiente que se supone está relacionada con una o más variables métricas independientes. El objetivo [...] es predecir los cambios en la variable dependiente en respuesta a cambios en varias de las variables independientes* [2, p.11].

Del conjunto de técnicas que conforman el Análisis Multivariante, la Regresión Lineal Múltiple es la más apropiada en este caso, ya que se está frente a una única variable dependiente (el gasto mensual total, también denominado “costo de mantenimiento”) y varias independientes (vivienda, alimentación, material didáctico, etc.).

En general para las técnicas multivariantes se define el “Valor teórico” como la combinación lineal de variables independientes, con ponderaciones a determinar según la técnica específica que se utilice. Si existen n variables independientes (x_1, \dots, x_n), matemáticamente el valor teórico se expresa [2, p.4]:

$$\text{Valor teórico} = w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + w_n x_n \quad \{ 1 \}$$

Donde las w_i son las ponderaciones de cada variable, que reflejan la influencia de cada una de ellas sobre el valor teórico en su conjunto.

En la Regresión Múltiple el valor teórico es la única variable dependiente, cuyo valor se pretende predecir sobre la base de los valores que asumen las variables independientes en la ecuación de regresión.

Reemplazando el valor teórico por la variable dependiente y agregando un término independiente, queda planteada la ecuación:

$$G = a + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_i x_i + \dots + a_n x_n \quad \{ 2 \}$$

donde:

- G: gasto mensual total (variable dependiente),
- x_i : variables independientes (vivienda, alimentación, transporte, material didáctico, etc.),
- a_i : coeficientes o parámetros,
- a: intercepto o término independiente.

La ecuación {2} plantea una relación determinística (exacta), en la cual la variable dependiente es una combinación lineal de las independientes.

Para que el gasto mensual pudiera ser calculado con exactitud sería necesario tomar en cuenta absolutamente todos los factores que lo componen y además conocer cada uno de ellos con total precisión, lo cual evidentemente no será posible por muchos motivos, entre ellos:

- El modelo sería complicado y engorroso debido a las numerosas variables que debería tomar en cuenta,
- Es muy difícil, sino imposible, medir exactamente el gasto que representa cada factor,

- Los factores no tienen la misma importancia en el gasto total, es decir, existen factores cuya importancia relativa es pequeña, de manera que no vale la pena invertir tiempo y esfuerzo para conocer todas las variables. Es posible conseguir una aproximación muy buena tomando en cuenta sólo las más relevantes.

Además, como plantea Greene [5, p.2]:

“Ningún modelo podría esperar englobar la gran cantidad de los aspectos aleatorios de la vida económica. [...] Es necesario, por tanto, incorporar elementos estocásticos en nuestros modelos empíricos. Como resultado, las observaciones de la variable dependiente reflejarán variaciones atribuibles, no solo a diferencias en las variables que hemos tenido en cuenta explícitamente, sino también a la aleatoriedad del comportamiento humano, y a la interacción de innumerables influencias menores que no tenemos en cuenta.”

De acuerdo a estas observaciones, se recorta el modelo considerando únicamente los factores más relevantes y se introduce un término “u” denominado perturbación, que como explica D. Gujarati [1, p.5], es una variable aleatoria (estocástica o no determinística) con propiedades estadísticas bien definidas y representa todos aquellos factores que afectan la variable dependiente pero no son considerados explícitamente en el modelo, resultando:

$$G = a + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n + u \quad \{ 3 \}$$

La ecuación matemática {2} (determinística, exacta) se transforma así en un modelo econométrico {3} (aleatorio, estocástico) donde las relaciones entre las variables están sujetas a variaciones individuales. Se denomina **Modelo de Regresión Lineal Múltiple**, y será finalmente el que se utilizará para el caso bajo análisis. Debe satisfacer las condiciones de todo Modelo Clásico de Regresión Lineal Normal, que son:

- El modelo es lineal en los parámetros,
- Las variables independientes son fijas ó no estocásticas,
- La media de los términos de error es nula,
- La varianza de los términos de error es constante para todas las observaciones (Homocedasticidad),
- No existe auto correlación entre las perturbaciones,
- La covarianza entre la perturbación y los regresores es nula,
- El número de observaciones es mayor que el de parámetros a estimar,
- Existe variabilidad en los valores de las variables independientes,
- El modelo está correctamente especificado (pruebas t, F y R²),
- No existe multicolinealidad perfecta entre los regresores,
- Las perturbaciones (o errores) están normalmente distribuidas.

Siendo la variable dependiente una combinación lineal de variables aleatorias normalmente distribuidas, “hereda” estas características. Se asume por lo tanto, que el gasto mensual sigue una distribución normal y tiene varianza constante para todas las observaciones (σ^2).

Por consiguiente, además de una “estimación puntual” del gasto, se puede obtener un “intervalo de confianza” dentro del cual – con cierto nivel de significancia – se espera se encuentre el verdadero valor de dicha variable dependiente.

El nivel de significancia seleccionado para este trabajo es del 5% ($\alpha = 0,05$), por lo tanto los intervalos tendrán un 95% de confianza ($1 - \alpha = 0,95$).

4. TAMAÑO Y SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Para una Regresión Múltiple el principal factor determinante del tamaño de muestra es el número de variables independientes. En términos generales los autores consultados aconsejan un mínimo de 5 observaciones por cada regresor, mientras que lo ideal sería una relación de 15 a 20, para garantizar los resultados. Los factores determinantes del tamaño muestral son:

- Nivel de significancia elegido ($\alpha = 0,95$),
- Número de variables independientes en el modelo,
- Potencia de la regresión (se adopta 80%).

El tamaño de la muestra se puede determinar utilizando tablas elaboradas para ese efecto que contemplan los factores mencionados, por ejemplo la tabla disponible en [2, p.159].

La población en estudio está constituida por los alumnos de la Facultad de Ingeniería, dependiente de la U.Na.M, que cumplen las siguientes condiciones:

- Se encuentran cursando por lo menos una asignatura de cualquiera de las 4 carreras de grado que se dictan (Ingeniería Civil, Electrónica, Electromecánica o Industrial) a noviembre de 2004.
- Tienen lugar de origen fuera de la ciudad de Oberá, y pagan alquiler y/o otros gastos.

En esa fecha, la Facultad tenía 1.280 alumnos que estaban cursando por lo menos una asignatura (de 1º a 5º año). Se ha tomado un tamaño de muestra de 90 para satisfacer los requerimientos expuestos anteriormente y considerando la posibilidad de tener que descartar alguna encuesta.

La selección de la muestra se realizó a partir de una nómina de alumnos proporcionada por la Dirección Área de Enseñanza de la Facultad de Ingeniería, mediante muestreo aleatorio simple, con auxilio de una Tabla de Números Aleatorios obtenida en la bibliografía [7, p.667].

5. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Para la recolección de datos se utilizó la metodología de cuestionario (encuesta) auto administrada [9, p.291]. Se confeccionó un formulario a partir de encuestas exploratorias realizadas a estudiantes, determinado así los principales factores con incidencia en el costo de manutención. Se practicó una prueba piloto, que permitió validar el cuestionario y elaborar su versión definitiva.

5.1 Análisis de datos ausentes y casos atípicos

Los resultados de un Análisis de Regresión Múltiple – al igual que el de las demás técnicas multivariadas – serán confiables en la medida en que se satisfagan una serie de supuestos respecto a las variables involucradas (dependiente e independientes). «Una vez recogidos los datos, el primer paso del análisis no es estimar el modelo, sino evaluar que se cumplen los supuestos subyacentes». [8, p.18]

Del total de las 90 encuestas, 14 han sido descartadas por corresponder a alumnos oriundos de la localidad de Oberá, que viven en casa de sus padres, quedando así el tamaño de muestra igual a 76.

Para tener un primer panorama sobre los datos recabados se analizaron los Datos Ausentes. Se presentó la siguiente situación:

- Se encontraron 10 casos donde faltaba la información referente al gasto mensual total estando completos todos los ítem correspondientes a gastos de factores individuales.
- Se encontraron 3 casos de datos ausentes para los ítem correspondientes a costos de alimentación ó material didáctico.

Se realizó la «**Prueba de las correlaciones dicotomizadas**» [8, p.40]. Se observó que todas las correlaciones entre pares de variables son muy pequeñas y los valores son no significativos, indicando que el proceso de ausencia de datos es completamente aleatorio. Se reemplazó los datos faltantes en base a su relación con las demás variables del modelo (**Imputación por regresión**).

Los casos atípicos son observaciones con una combinación única de características identificables que les diferencia claramente de las otras observaciones. «*Una vez que los casos atípicos han sido identificados, [...] el investigador debe decidir sobre la retención o exclusión de cada caso atípico, juzgando no solo las características del caso atípico, sino también los objetivos del análisis*». [2, p.57].

Utilizando el **método de gráficos de caja y bigotes** se detectaron 4 casos atípicos para el costo de vivienda y 1 para el costo final. Se consideró que estas observaciones no debían ser eliminadas y se decidió mantenerlas en el análisis, asumiendo que son indicativos de las características de un segmento de la población en estudio.

5.2 Obtención de los parámetros del modelo

Para “obtener” el modelo Mediante la técnica de los Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) se determina el valor que asume el término independiente en la ecuación {3} y los coeficientes de las variables independientes, así como las varianzas y/o errores estándar cada uno de ellos. Una vez conocido el modelo, se deben efectuar una serie de pruebas, para analizar la “bondad” del mismo y así determinar si efectivamente puede ser utilizado para modelar el fenómeno en cuestión. Se realizaron las siguientes pruebas:

- Comprobación de normalidad, mediante Gráfico Normal de Probabilidad y Contraste de Kolmogorov – Smirnov [6, p.59],
- Comprobación de linealidad y colinealidad, mediante gráficos de dispersión de las variables,
- Prueba “t” para coeficientes individuales, para conocer la significancia individual de cada parámetro del modelo,
- Prueba “F” para conjuntos de coeficientes (análisis global),
- Cálculo del coeficiente de determinación (R^2).

Se efectuaron las pruebas mencionadas considerando varias alternativas o combinaciones posibles de factores que influyen en el costo de manutención total. Se encontraron varios modelos cuantitativos con muy buena performance, que han sido descartados por la dificultad que

representan conocer a priori los costos de cada uno de los factores determinantes del gasto de manutención mensual total.

Se consideró conveniente recurrir a variables cualitativas, resignando precisión, pero ganando en simplicidad. Se concluyó que la alternativa que mejor resultado brindaba era la que consideraba las siguientes variables:

- Vivienda (incluidos servicios básicos: luz, agua y gas),
- Alimentación,
- Material didáctico y servicios (teléfono, Internet, etc).

Se definieron categorías sobre la base de los costos destinados a cada una de ellas, y se establecieron variables cuantitativas de la siguiente manera [3]:

a) Variable “Vivienda”:

Categoría 1: Gasto mensual inferior a \$ 120.

Categoría 2: Gasto mensual entre \$ 120 y \$ 190.

Categoría 3: Gasto mensual mayor o igual a \$ 190.

Estas tres categorías se representaron mediante dos variables dicotómicas, como se indica:

$$D_{v1} = \begin{cases} 1 & \$ 120 - \$190 \\ 0 & \text{caso contrario} \end{cases}$$

$$D_{v2} = \begin{cases} 1 & \geq \$ 190 \\ 0 & \text{caso contrario} \end{cases}$$

b) Variable “Alimentación”:

Categoría 1: Gasto mensual inferior a \$ 90.

Categoría 2: Gasto mensual entre \$ 90 y \$ 160.

Categoría 3: Gasto mensual mayor o igual a \$ 160.

Se establecieron las siguientes variables dicotómicas:

$$D_{a1} = \begin{cases} 1 & \$ 90 - \$160 \\ 0 & \text{caso contrario} \end{cases}$$

$$D_{a2} = \begin{cases} 1 & \geq \$ 160 \\ 0 & \text{caso contrario} \end{cases}$$

c) Variable “Material didáctico y servicios”:

En este caso, se tomó como referencia el gasto promedio mensual (\$ 35), y se definió la variable dicotómica:

$$D_{mdys} = \begin{cases} 1 & \geq \$ 34 \\ 0 & \text{caso contrario} \end{cases}$$

Obteniendo los coeficientes, la ecuación que representa este modelo resulta finalmente:

$G = 179,84 + 64,07 (Dv1) + 173,18 (Dv2) + 66,53 (Da1) + 146,61 (Da2) + 39,43 (Dmdys) \{ 4 \}$
--

El gráfico normal de probabilidad para el modelo final (ecuación {4}) presenta un ajuste bastante bueno a los valores teóricos.

El modelo presenta las siguientes características:

- √ El R^2 ajustado es de 0,88, lo que está indicando que el 88% de la variación del costo total se logra explicar con las variables que toma en cuenta este modelo.
- √ El estadístico F, alcanza un valor de 116,29 superando ampliamente el valor crítico e indicando que el conjunto de variables explicativas contribuyen significativamente a explicar la variación del Gasto de Manutención calculado. Estadísticamente, este valor de F permite rechazar la hipótesis de nulidad del conjunto de coeficientes de las variables independientes.
- √ El error estándar del modelo, es de 30,75 lo que significa que el costo promedio calculado estará afectado por un error de +/- \$ 61,5 como máximo (esta cifra se obtiene multiplicando el error estándar por el valor del estadístico "t", que se considera igual a 2, para el tamaño de muestra y el nivel de significancia seleccionados).
- √ Todos los coeficientes de los regresores son estadísticamente significativos.

5.3 Comentarios

El término independiente de la expresión del costo - \$179,84 para este modelo, lo que en términos prácticos se puede decir que son \$180 - representa el gasto mensual para las «condiciones de vida mínimas», para este modelo significa que el estudiante:

- Gasta menos de \$120 en alquiler,
- Gasta menos de \$90 en alimentación,
- Gasta menos de \$34 en material didáctico y servicios.

Pero además estas condiciones sirven de base ó referencia, ya que son aquellas a las cuales se les asignó (arbitrariamente) el valor cero para todas las variables dicótomas. De manera que los coeficientes de cada variable ficticia en la ecuación del costo, representa la diferencia promedio del gasto que debe afrontar el estudiante si decide pasar de una «condición de vida mínima» a otra más «relajada», que implique mayor erogación.

El error máximo estimado, calculado a partir del error estándar indica que todos los valores promedio tendrán una cota de error de +/- \$ 61,5.

Se ha desarrollado una aplicación (software) accesible a través de la página web de la Facultad de Ingeniería (<http://www.fiobera.unam.edu.ar>), de modo que permita ofrecer a las familias de los estudiantes una herramienta que le posibilite prever con un buen grado de seguridad la erogación que deberán afrontar mensualmente, y brindar así un servicio a la comunidad.

Una vez que accede al sitio, el usuario debe seleccionar (entre las opciones) las condiciones de vida que desea en lo que hace a vivienda, alimentación y material didáctico y servicios, como se muestra en la siguiente figura [4]:

Por favor seleccione las opciones que se presentan

Vivienda (Incluidos servicios básicos: luz, agua y gas)

- Alquiler de habitación individual o vivienda compartida con otros estudiantes (Gasto mensual hasta \$100)
- Alquiler de habitación individual o vivienda compartida con otros estudiantes (entre \$100 y \$200)
- Alquiler de departamento o casa individual (más de \$200)

Alimentación

- Utilizar el comedor Universitario y/o cocinará en su vivienda
- Cocinará en su vivienda y a veces comprará comida preparada
- Comprará comida preparada.

Material Didáctico y Servicios (teléfono, internet, etc.)

- Alternativa 1 (opción económica)
- Alternativa 2 (opción NO económica)

Figura 1 – Selección de las condiciones de vida deseadas en el programa desarrollado

Seleccionadas las condiciones de vida, más abajo en la misma página, se oprime el botón “Calcular Gasto Promedio” y el programa arroja el costo mensual promedio y las cotas inferior y superior (ver figura siguiente).

Oberá, mediante la consideración de los principales factores, en una expresión matemática sencilla y manejable para cualquier persona con conocimientos elementales. El resultado que se va a obtener están basados en encuestas realizadas a un grupo representativo de estudiantes de la Facultad. Proyecto de Investigación: "Costo de manutención de un estudiante de la Facultad de Ingeniería. Su incidencia

- Cocinará en su vivienda y a veces comprará comida preparada
- Comprará comida preparada.

Material Didáctico y Servicios (teléfono, internet, etc.)

- Alternativa 1 (opción económica)
- Alternativa 2 (opción NO económica)

Para las alternativas seleccionadas, el costo total estimado es \$266.857€ en promedio, con un valor mínimo de \$201.857€ y un valor máximo de \$331.857€

Figura 2 – Resultados que arroja el programa

Es importante destacar que este programa sufre una actualización en forma mensual de acuerdo al índice precios al consumidor (IPEC Misiones: <http://www.misiones.gov.ar/ipecc>), es sencillo de utilizar y ofrece un importante servicio a la comunidad, en particular a las familias de alumnos de nivel medio que desean estudiar en la Facultad les brinda una herramienta que les posibilita prever con buen grado de seguridad la erogación que deberán afrontar mensualmente, sin necesidad de trasladarse hasta la ciudad de Oberá para realizar un relevamiento de precios [4].

6. CONCLUSIONES

El modelo matemático encontrado, en base a variables cualitativas, es sencillo y produce buenos resultados para establecer el costo promedio de manutención de un estudiante de la Facultad de Ingeniería de la U.Na.M; en función de los principales factores intervinientes.

Se adoptó un modelo en base a variables cualitativas debido a la dificultad de estimar en forma cuantitativa y por adelantado los costos de cada uno de los factores determinantes del gasto mensual total.

Para el modelo adoptado, las condiciones de vida básicas (o de referencia) son: alquilar una vivienda cuyo precio sea inferior a \$120 mensuales, gastar menos de \$90 mensuales en alimentación y menos de \$34 mensuales en material didáctico y servicios. El costo mensual promedio para estas condiciones de vida está alrededor de \$180 (pesos ciento ochenta). Los coeficientes de las variables explicativas representan la diferencia (en \$ mensuales) entre la categoría de referencia y otra opción posible de la misma variable, para todos los regresores considerados.

El modelo permite:

- a) Pronosticar el gasto mensual promedio así como un rango de valores entre los cuales puede variar, bajo determinadas condiciones de vida previamente seleccionadas;
- b) Analizar la influencia de cada variable sobre el costo mensual, al cambiar una (o más) de las condiciones de vida y calcular nuevamente dicha erogación;
- c) Seleccionar las condiciones de vida que mejor se ajustan a un presupuesto determinado, así como desechar aquellas combinaciones que superen el monto disponible; y
- d) Conocer el costo promedio de las condiciones básicas o de referencia (la opción más económica).

El desarrollo del software de aplicación permite el acceso a los resultados por parte de la comunidad, especialmente a las familias de los futuros ingresantes que viven en localidades alejadas o provincias vecinas, quienes podrán tener así una base sólida para el cálculo de los gastos para mantener a su hijo estudiando en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gujarati, D. [1997] *"Econometría"* 3ª Edición, McGraw Hill, Colombia.
2. Hair, J. F y otros [1999] *"Análisis Multivariante"*, 5ª ed., Prentice Hall, Madrid.
3. Ibarra, M. del C. y Michalus, J.C; [2005] *"»Regresión Múltiple para analizar el costo de vida de un estudiante de la Facultad de Ingeniería - U.Na.M.»"*, artículo publicado en anales del XII E.M.C.I. Nacional, IV E.M.C.I. Internacional "Educación Matemática en Carreras de Ingeniería". Organizador: Universidad Nacional de San Juan. San Juan, Pcia de San Juan, Argentina.
4. Michalus, J.C. e Ibarra, M. del C.[2005] Informe final de proyecto de investigación *"Costo de manutención de un estudiante de la Facultad de Ingeniería. Su incidencia en el presupuesto familiar"*, presentado a la secretaría de Ciencia y Técnica de la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones.

5. Pindyck, R. S y Rubinfeld, D. L. [2000] "*Econometría. Modelos y Pronósticos*" 4ª ed., McGraw Hill, México.
6. Greene, W. H. [1999] "*Análisis Económico*" 3ª Edición, Prentice Hall, Madrid, España.
7. Berenson, M. L. y Levine, D. M. [1991] "*Estadística para Administración y Economía*", McGraw Hill, Mexico.
8. Pérez, C. [2004] «*Técnicas de Análisis Multivariante de Datos. Aplicaciones con SPSS*», Prentice Hall, Madrid, España, 2004.
9. Sampieri, R.H; Collado, C. F. y Lucio, P.B. [1991] "*Metodología de la Investigación*", 2º ed., McGraw-Hill Interamericana Editores S.A. de C.V. México.