



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), Noviembre-Diciembre 2025,
Volumen 9, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6

APLICACIÓN DE UN MODELO DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE PARA EVALUAR LA SUSTENTABILIDAD EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS

**APPLICATION OF A MULTIPLE LINEAR REGRESSION
MODEL TO ASSESS SUSTAINABILITY IN EDUCATIONAL
INSTITUTIONS**

Carlos Mario Martinez Izquierdo

Tecnologico Nacional de Mexico Campus Villahermosa

Juana María Morejon Sanchez

Tecnologico Nacional de Mexico Campus Villahermosa

Brissa Roxana De Leon De Los Santos

Tecnologico Nacional de Mexico Campus Villahermosa

Adrian Perez Vazquez

Tecnologico Nacional de Mexico Campus Villahermosa

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6.21156

Aplicación de un modelo de regresión lineal múltiple para evaluar la sustentabilidad en instituciones educativas

Carlos Mario Martínez Izquierdo¹carlos.mi@villahermosa.tecnm.mx<https://orcid.org/0000-0001-9630-6714>Tecnologico Nacional de Mexico Campus
Villahermosa
Mexico**Juana María Morejon Sanchez**juana.ms@villahermosa.tecnm.mx<https://orcid.org/0000-0002-9930-181X>Tecnologico Nacional de Mexico Campus
Villahermosa
Mexico**Brissa Roxana De Leon De Los Santos**brissa.leons@villahermosa.tecnm.mx<https://orcid.org/0000-0002-4775-6185>Tecnologico Nacional de Mexico Campus
Villahermosa
Mexico**Adrian Perez Vazquez**adrian.pv@villahermosa.tecnm.mx<https://orcid.org/0000-0002-4775-6185>Tecnologico Nacional de Mexico Campus
Villahermosa
Mexico

RESUMEN

El presente artículo desarrolla un modelo de regresión lineal múltiple para medir la sustentabilidad en las instituciones educativas desde una perspectiva integral basada en tres dimensiones: económica, social y ambiental. Se construye un Índice de Sustentabilidad (IS) a partir de 3 indicadores seleccionados y normalizados, considerando como variables explicativas: El gasto anual en eficiencia energética por alumno (dimensión ambiental), el porcentaje de estudiantes que participan en proyectos comunitarios (dimensión social) y la inversión en proyectos de investigación ambiental por semana (dimensión económica). Las variables se normalizaron y se les asignó un valor ponderado de acuerdo con la importancia de cada una, se calcularon los índices de sustentabilidad para cada observación, con ello se construyó el modelo de regresión, se evaluaron los índices de sustentabilidad encontrados para aproximar los valores IS bajo el modelo y se obtuvieron los residuales para realizar la gráfica donde en conjunto con los valores de los parámetros se dan conclusiones acerca de la idoneidad del modelo entre las prácticas institucionales y el desempeño sustentable de la institución.

Palabras clave: Parametros, modelo, residual, sustentable

¹ Autor principal.

Correspondencia: carlos.mi@villahermosa.tecnm.mx

Application of a Multiple Linear Regression Model to Assess Sustainability in Educational Institutions

ABSTRACT

The present article develops a multiple linear regression model to assess sustainability in educational institutions from an integrated perspective based on three dimensions: economic, social, and environmental. A Sustainability Index (SI) is constructed from three selected and normalized indicators, considering the following explanatory variables: the annual energy-efficiency expenditure per student (environmental dimension), the percentage of students participating in community projects (social dimension), and the weekly investment in environmental research projects (economic dimension). The variables were normalized and assigned weighted values according to their importance. Sustainability indices were calculated for each observation, and these were used to construct the regression model. The sustainability indices obtained were then evaluated to approximate the SI values predicted by the model, and the residuals were calculated to generate the corresponding graph. Together with the estimated parameter values, these results provide conclusions regarding the adequacy of the model in explaining the relationship between institutional practices and the sustainable performance of the institution.

Keywords: Parameter, model, residual; sustainable.

Artículo recibido 20 octubre 2025

Aceptado para publicación: 15 noviembre 2025



INTRODUCCIÓN

El desarrollo sustentable se ha consolidado como un eje fundamental en la formulación de políticas públicas, estrategias empresariales y proyectos académicos orientados al equilibrio entre el crecimiento económico, el bienestar social y la conservación ambiental (Brundtland, 1987; Sachs, 2015). En el contexto actual, caracterizado por crisis ambientales, desigualdad social y una creciente demanda de eficiencia productiva, la medición y modelación de la sustentabilidad se ha vuelto un reto técnico y metodológico que requiere herramientas cuantitativas robustas y adaptables a realidades locales (Gallopín, 2006; Daly & Farley, 2011).

El uso de modelos estadísticos multivariados, particularmente la regresión lineal múltiple, permite analizar de manera integrada la influencia de diversas variables —económicas, sociales y ambientales— sobre un indicador compuesto de sustentabilidad (Gujarati & Porter, 2010; Montgomery et al., 2021). A través de este enfoque, es posible determinar el grado de impacto que cada dimensión ejerce en el desempeño sustentable de una institución o región, favoreciendo la toma de decisiones basadas en evidencia (Hair et al., 2019). Esta metodología no solo posibilita identificar las relaciones lineales entre variables, sino también establecer proyecciones y escenarios hipotéticos que orienten políticas de desarrollo sustentable (Pindyck & Rubinfeld, 2018).

Las teorías en las que se fundamenta la investigación son: Teoría de la investigación basada en evidencia, donde los modelos de regresión lineal son instrumentos de análisis empírico que permiten evaluar el efecto de programas o políticas públicas sobre los indicadores de sustentabilidad, favoreciendo la planeación racional y la mejora continua (Sachs, 2015; UNDP, 2020). Por otra parte la teoría de la economía ambiental y el capital natural sostiene que las actividades económicas generan presiones sobre el ambiente que pueden cuantificarse y modelarse mediante relaciones lineales o múltiples, identificando la magnitud del impacto de las variables económicas sobre los indicadores ecológicos (Pearce & Turner, 1990).

Basado en lo anterior, se propone la aplicación de un modelo de regresión lineal múltiple como herramienta de análisis para evaluar el nivel de sustentabilidad en una institución educativa de nivel superior. El modelo considera tres dimensiones fundamentales: la económica, relacionada con la eficiencia en el uso de recursos



y la rentabilidad; la social, vinculada con la equidad y la participación; y la ambiental, centrada en la gestión responsable de los recursos naturales. La integración de estos componentes permitirá generar un índice de sustentabilidad cuantitativo, con capacidad para orientar estrategias de mejora continua en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2015).

METODOLOGÍA

El presente estudio se enmarca en el enfoque cuantitativo, dado que busca analizar y explicar la relación existente entre variables medibles asociadas a la sustentabilidad institucional: inversión en proyectos ambientales por año, consumo de energía por alumno y número de alumnos inscritos en proyectos ambientales. El diseño de investigación es no experimental, puesto que las variables no se manipulan deliberadamente, sino que se observan tal como ocurren en su contexto natural dentro de la institución educativa. De acuerdo con Hernández Sampieri, Fernández y Baptista (2022), los diseños no experimentales se aplican cuando el investigador no tiene control directo sobre las variables independientes, ya que éstas ya han ocurrido o son inherentemente inalterables.

Asimismo, el estudio adopta un diseño de tipo correlacional-explicativo, cuyo propósito es determinar el grado de relación y la dirección de la asociación entre las variables independientes (económica, ambiental y social) y la variable dependiente (índice de sustentabilidad). Este tipo de diseño busca no solo describir las relaciones existentes, sino también explicar cómo las variaciones en las variables independientes influyen en el comportamiento del índice de sustentabilidad.

En cuanto a su temporalidad, el diseño es longitudinal, ya que se analiza información recopilada durante varios periodos (25 semanas). Este enfoque permite identificar tendencias y cambios en la sustentabilidad institucional a lo largo del tiempo, así como evaluar el impacto de las políticas o estrategias implementadas por la institución para promover la sostenibilidad.

Por lo tanto, el estudio se clasifica como un diseño no experimental, correlacional-explicativo y longitudinal dentro del enfoque cuantitativo, sustentado en la observación sistemática de datos institucionales y el uso de modelos estadísticos para la interpretación de los resultados.

Variables:



Variables Independientes

Ambiental:

E= Consumo de energía por estudiante

Social:

S= Porcentaje de estudiantes en proyectos comunitarios

Económica:

I= Inversión en proyectos de investigación ambiental.

Variables dependientes:

IS=Índice de sustentabilidad

Las observaciones de obtuvieron de forma documental de la siguiente manera: Para la variable ambiental consumo de energía se consultaron los recibos de los últimos seis meses para ver el consumo total de kW/h y este consumo se dividió entre el número total de estudiantes por semana. Para la variable porcentaje de alumnos inscritos en proyectos comunitarios, se hizo la revisión del total de proyectos activos en la institución que estaban relacionados y se contabilizó el número de alumnos inscritos en dichos proyectos, para la variable inversión en proyectos ambientales, se consultó con la institución el presupuesto que anualmente se dispone para investigación en este rubro y se prorrateo el total por semana para determinar el recurso ejercido transcurrido los seis meses.

A continuación, se presentan los datos de 24 semanas en donde se observaron estas tres variables y el índice de sustentabilidad calculado

Semana	energía/alumno	Porcentaje de participación de alumnos en proyectos	Inversión en proyectos
1	11.3	23.5	17,224
2	28.3	15.2	11,987
3	21.75	24.9	20,255
4	20.8	23.6	19,334



5	7.8	22.3	50,358
6	17.5	28.8	17,000
7	11.3	20.4	22,159
8	8.3	27.1	40,345
9	20.4	31.4	23,731
10	18.49	33.7	25,234
11	11.5	25.3	23,578
12	25.7	30	25,123
13	16.4	33.4	25,439
14	16.89	20.5	25,058
15	35.3	37	10,000
16	16.12	38.4	23,389
17	30	25.5	27,694
18	3.45	35.2	28,131
19	12.5	25.3	32,000
20	11.9	25.2	25,000
21	2.2	18.2	48,345
22	7.2	46.9	23,343
23	11.05	34.2	35,000
24	15.3	44.5	23,543
25	7.8	25.3	23,000

Tabla 1



Resultados y discusión

Para el cálculo del índice de sustentabilidad se normalizaron cada una de las variables utilizando la ecuación

1

$$IS = w_1 \left(1 - \frac{E - E_{\min}}{E_{\max} - E_{\min}} \right) + w_2 \left(\frac{S - S_{\min}}{S_{\max} - S_{\min}} \right) + w_3 \left(\frac{I - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \right)$$

Ecuación 1

Donde

E=Valor a normalizar

ω_1 =Peso de la variable E

$E_{\min}$ =Valor minimo de las observaciones

ω_2 =Peso de la variable S

$E_{\max}$ =Valor maximo de las observaciones

ω_3 =Peso de la variable I

S=Valor a normalizar

$S_{\min}$ =Valor minimo de las observaciones

$S_{\max}$ =Valor maximo de las observaciones

I=Valor a normalizar

$I_{\min}$ =Valor minimo de las observaciones

$I_{\max}$ =Valor maximo de las observaciones

Los valor de los pesos se determinaron en función de la importancia de la variable que se considero mas Importante para la institución, en el caso de la investigación fueron $\omega_1=0.4$, $\omega_2=0.3$, $\omega_3=0.3$, obteniendo los siguientes resultados



Sema	Energía/al	Porcentaje de participación de alumnos en	Inversión	en	Indice	de
na	umno	proyectos ambientales	proyectos		sustentabilidad	
1	11.3	23.5	17,224		0.4222785	
2	28.3	15.2	11,987		0.09936245	
3	21.75	24.9	20,255		0.33177457	
4	20.8	23.6	19,334		0.32410587	
5	7.8	22.3	50,358		0.69951871	
6	17.5	28.8	17,000		0.39584666	
7	11.3	20.4	22,159		0.42962514	
8	8.3	27.1	40,345		0.66447094	
9	20.4	31.4	23,731		0.43544171	
10	18.49	33.7	25,234		0.49146235	
11	11.5	25.3	23,578		0.48412855	
12	25.7	30	25,123		0.36849155	
13	16.4	33.4	25,439		0.51540389	
14	16.89	20.5	25,058		0.38456827	
15	35.3	37	10,000		0.20630915	
16	16.12	38.4	23,389		0.55086757	
17	30	25.5	27,694		0.29305251	
18	3.45	35.2	28,131		0.70894496	
19	12.5	25.3	32,000		0.53464865	
20	11.9	25.2	25,000		0.48891874	
21	2.2	18.2	48,345		0.71342759	
22	7.2	46.9	23,343		0.73876184	
23	11.05	34.2	35,000		0.65869885	



24	15.3	44.5	23,543	0.6196504
25	7.8	25.3	23,000	0.524545

Cálculos propios

Tabla 2

Se procedio a calcular el modelo de regresion lineal multivariable propuesto utilizando el software de excel

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \varepsilon$$

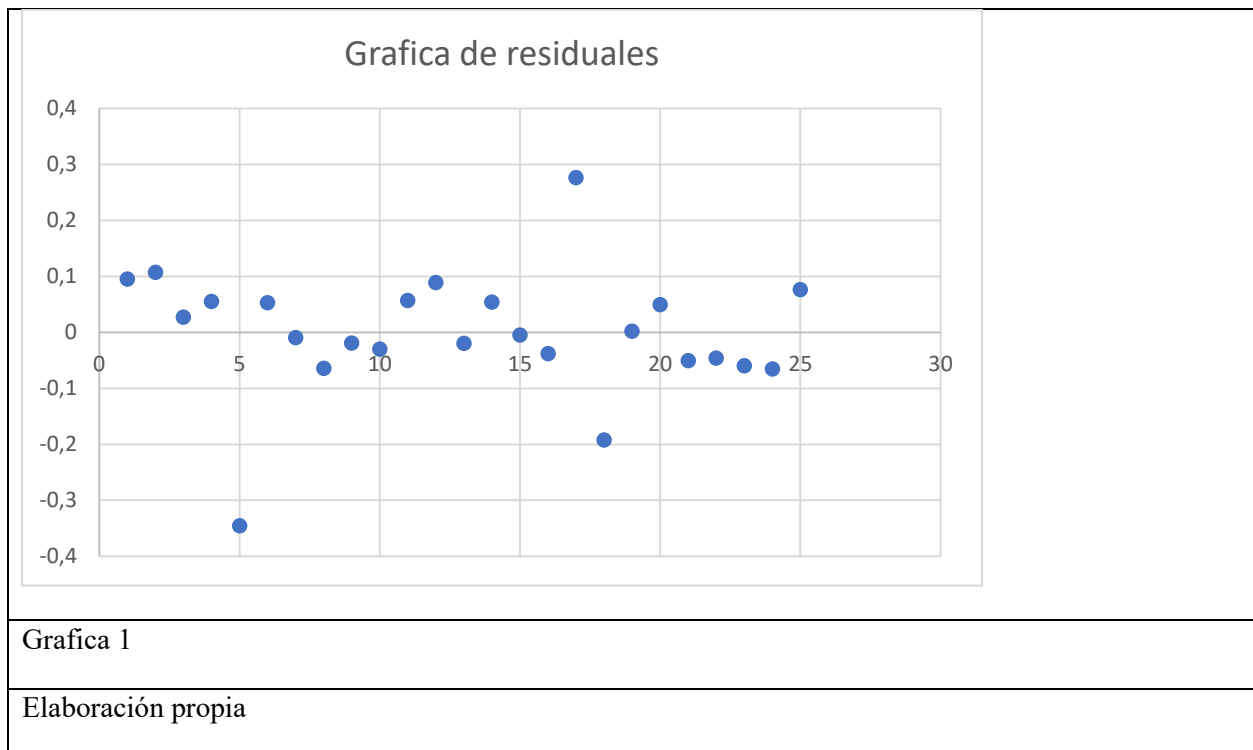
Ecuacion 2

El resultado fuel el siguiente.

$$Y = 0.5628 - 0.01660E + 0.0037S + 3.17X10^{-6}I$$

Ecuacion 3

Se realizaron los residuales (diferencias entre los valores observados y los aproximados por el modelo y graficaron.



Como se puede observar en la ecuación 3, el coeficiente $\beta_1 = -0.01660$ que corresponde a la variable consumo de energía por alumno (E), muestra un efecto negativo sobre la variable respuesta (índice de sustentabilidad), el signo negativo es señal de que existe una relación negativa entre la variable E (el consumo de energía por alumnos) y el IS, es decir conforme E aumenta el índice disminuye, por lo que se debe considerar el establecer estrategias enfocadas a optimizar el uso de la energía en la institución, con respecto a los coeficientes $\beta_2 = 0.003$ y $\beta_3 = 3.17 \times 10^{-6}$ (Ec 3) son valores que al ser positivos indican una relación positiva, en términos prácticos se considera que conforme aumentan las variables S e I el índice aumenta, se debe considerar que el valor de estos parámetros es muy cercano a cero, por lo que influyen de forma no significativa en la variable respuesta.

La gráfica de residuales (gráfica 1) se puede observar que la distribución de los errores se distribuyen parcialmente de forma aleatoria alrededor del eje $y=0$. Por lo que se puede decir que el modelo explica en parte el comportamiento de la variable respuesta (IS).

CONCLUSIONES

El modelo teórico que se planteó originalmente (Ec 2) y el real (Ec 3), contribuyen en la explicación del comportamiento del índice de sustentabilidad en relación a las tres variables que se propusieron en un principio, el cual es el objetivo del estudio, el contar con medidas numéricas de los parámetros permite medir la fuerza del impacto de cada una de las variables antes mencionadas, sobre el IS, orientando con ello, los esfuerzos de la administración y autoridades de la institución educativa, como es el caso, de que la variable que más se debe considerar es la del consumo de energía (E), por dos razones, el parámetro tiene valor negativo y en términos absolutos es el más grande con respecto a los otros dos (Ec 3), en futuros estudios se podrían considerar incluir más variables para desarrollar un modelo más explicativo.

En virtud de que la institución no contaba con otro tipo de registros de los que se expusieron en el presente artículo, se sugiere realizar encuestas para la recopilación de datos que pueda proporcionar la comunidad estudiantil, con el propósito de definir nuevas variables e incorporarlas al modelo para incrementar la robustez del mismo.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brundtland, G. H. (1987). *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. Oxford University Press.
2. Daly, H. E., & Farley, J. (2011). *Ecological Economics: Principles and Applications* (2nd ed.). Island Press.
3. Gallopín, G. (2006). *Sistemas de indicadores para el desarrollo sostenible*. CEPAL.
4. Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2010). *Econometría* (5ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.
5. Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate Data Analysis* (8th ed.). Cengage Learning.
6. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2022). *Metodología de la investigación* (7.ª ed.). McGraw-Hill.
7. Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2021). *Introduction to Linear Regression Analysis* (6th ed.). Wiley.
8. ONU. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Naciones Unidas.
9. Pearce, D. W., & Turner, R. K. (1990). *Economics of natural resources and the environment*. Harvester Wheatsheaf.
10. Pindyck, R. S., & Rubinfeld, D. L. (2018). *Microeconomía* (9ª ed.). Pearson Educación.
11. Sachs, J. D. (2015). *The Age of Sustainable Development*. Columbia University Press.
13. World Bank. (2020). *World Development Indicators 2020*. The World Bank Group.

