

## MODELO PREDICTIVO DEL RENDIMIENTO ACADÉMICO DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA QUÍMICA EN EL ÁREA DE MATEMÁTICAS

---

### *Irma Yolanda León Castelazo*

Profesora de Ingeniería Química en el Tecnológico Nacional de Mexico/ Instituto Tecnológico de Pachuca, Hgo

### *Abdiel Gómez Mercado*

Profesor de la Licenciatura y Posgrado en Ingeniería Mecánica en el Tecnológico Nacional de Mexico/ Instituto Tecnológico de Pachuca, Hgo

### *Nancy Yarely López Juárez*

Estudiante de Ingeniería Química en el Tecnológico Nacional de Mexico/ Instituto Tecnológico de Pachuca, Hgo

### *Norma Gissel Gómez Pérez*

Estudiante de Ingeniería Química en el Tecnológico Nacional de Mexico/ Instituto Tecnológico de Pachuca, Hgo

### *María Itzel Sandoval Juárez*

Estudiante de Ingeniería Química en el Tecnológico Nacional de Mexico/ Instituto Tecnológico de Pachuca, Hgo

All content in this magazine is licensed under a Creative Commons Attribution License. Attribution-Non-Commercial-Non-Derivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).



**Resumen:** Se presenta un modelo predictivo del desempeño de los estudiantes de Ingeniería Química del Instituto Tecnológico de Pachuca en el área de matemáticas, con base en los resultados del examen de ingreso. Se realizó una investigación cuantitativa, con enfoque correlacional y descriptivo. Se estudiaron 380 estudiantes a lo largo de siete cohortes generacionales, de 2012 a 2016. Se encontró una correspondencia directa entre el promedio obtenido en las materias y los puntos en las áreas de matemáticas del examen. Se establecieron tres bloques según el ICNE obtenido: 700-999, 1000-1149 y 1150-1300; se compararon los resultados de siete materias del área de matemáticas, considerando la oportunidad de acreditación o no acreditación (primer curso, repetición, especial). Así, se determinó un modelo de correspondencia que permite predecir con alto grado de confiabilidad, el desempeño del estudiante en el área de matemáticas desde su ingreso, y proponer acciones preventivas para mejorar su rendimiento académico.

**Palabras clave:** Examen de ingreso, matemáticas, rendimiento académico, modelo predictivo, estudiantes de ingeniería.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más preocupantes de las instituciones de educación superior es el alto índice de reprobación, principalmente en las carreras de ingeniería, y en el área de matemáticas. En búsqueda de soluciones, las diferentes instancias académicas han implementado acciones, normalmente aisladas y basadas en estrategias que, al ser correctivas, no surten el efecto deseado.

Para lograr soluciones oportunas y efectivas se requieren acciones principalmente preventivas basadas en el análisis de indicadores de la situación de los estudiantes al momento de iniciar la licenciatura y de su posible desempeño en el área de interés, las

matemáticas.

Con la idea anterior, se llevó a cabo este estudio, cuyo objetivo fue: Desarrollar un modelo predictivo del desempeño de los estudiantes de ingeniería del Instituto Tecnológico de Pachuca en el área de matemáticas, con base en los resultados del examen de ingreso, que permita definir estrategias y acciones correctivas que incidan en un mayor rendimiento académico. Se tomó como caso de estudio la carrera de Ingeniería Química, que es una de las nueve ingenierías impartidas en el plantel, con datos estadísticos medios en cuanto a población, demanda y rendimiento, entre otros.

La hipótesis central de la investigación fue: A través de un modelo integral, es posible establecer una correlación entre el desempeño académico de los estudiantes de ingeniería del Tecnológico de Pachuca en el área de matemáticas y sus resultados obtenidos en el Examen de Ingreso de licenciatura (EXANI-II).

## MARCO REFERENCIAL

En la búsqueda de estrategias para mejorar los índices de aprobación de estudiantes en las áreas identificadas con mayor reprobación se han realizado análisis predictivos, que comúnmente toman como referencia un elemento de evaluación previa, el examen de selección. Sin embargo los estudios publicados se han centrado más en otras áreas de conocimiento como en ciencias de la salud (Gómez et al., 2012) (Huamaní, Gutiérrez y Mezones, 2011), (Vélez y Roa, 2005), (Segura et al., 2010), (Flores Mori, 2012), (Carrión, 2002), (Ponce de León, Ortiz y Morán, 2003), (Tomatis et al., 2016), (Barrera y Estrella, 2017). También se ha trabajado en programas educativos de ciencias económicas, sociales y humanidades (Huaranga y Aliaga, 2012), (Benites y Ticona, 2006), (Cortés y Palomar, 2007), (Chaves, Castillo y Gamboa, 2008).

Se han difundido estudios centrados en el análisis de las relaciones entre los niveles educativos con los exámenes de selección (Gómez et al., 2012), (Chaín, Cruz, Martínez y Jácome, 2003), (Backhoff y Tirado, 2011), (Parra et al, 2013), (Carrión, 2002), (Ponce de León, Ortiz y Morán, 2003). Otros se centran en la validación de los exámenes de selección, que no son del Ceneval (Tirado, Backhoff, Larrazolo y Rosas, 1997), (Tomatis et al., 2016).

Rodallegas et al. (2010) dirigen su aportación a la aplicación de recursos digitales para los estudios predictivos, mientras que Rado, Salinas y Rosas (2016) dirigen su estudio a la comparación de técnicas de análisis discriminante para predecir el rendimiento en el examen, más que en los resultados mismos.

Pocos autores han dirigido su trabajo a aportar elementos para definir estrategias específicas para mejorar los resultados de los estudiantes. Tras un análisis exhaustivo de resultados y causantes, Guzmán y Serrano (2011) concluyen que el examen de selección es un filtro social que afecta a los más desprotegidos y abogan por una mayor cobertura educativa. Rivera y Hernández (2007) basan su estudio en el análisis de los resultados de los exámenes de ingreso y egreso de estudiantes de diferentes instituciones del mismo subsistema educativo en la búsqueda de un modelo de “desarrollo docente”. Por su parte, Alfaro, Mireles y Zambrano (2016) han propuesto estrategias para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes recurriendo a intercambio internacional con estudiantes de nuevo ingreso.

Con los elementos aportados por la revisión anterior, se puede concluir que, aunque existen estudios publicados, relacionados con la predicción del rendimiento académico de los estudiantes de licenciatura, la mayoría son generales o dirigidos a áreas diferentes a las ingenierías. Se privilegian los análisis y

los instrumentos, más que lo indicativo de los resultados. Pocos llegan a propuestas de solución y éstas son específicas, dadas las características de cada institución.

Por tanto, se requiere un análisis específico, en el lugar, caracterizando la problemática y generando propuestas de solución.

## **MARCO TEÓRICO**

### **RENDIMIENTO ACADÉMICO Y FACTORES QUE LO DETERMINAN**

Se entiende por rendimiento académico los resultados de la evaluación de conocimientos, habilidades o competencias adquiridos en el ámbito escolar. Un término asociado al rendimiento es la calificación, concebida como la medida cuantitativa del mismo. En este sentido, el rendimiento académico de los estudiantes está asociado directamente con el éxito escolar y constituye el factor más importante en el proceso de aprendizaje, de ahí la necesidad de evaluar el mismo y buscar estrategias para realimentar el proceso académico. Para evaluar el rendimiento académico se analizan en mayor o menor grado los factores que pueden influir en él, (Navarro, 2003).

Erazo (2012) indica que este parámetro es el resultado de múltiples variables de tipo personal y social. En el aspecto personal se tienen características de tipo orgánico, cognitivo, estrategias y hábitos de aprendizaje, motivación, autoconcepto, emoción y conducta; y en el social están las características de tipo familiar, escolar, socioeconómico y cultural.

Por su parte, Rodríguez y Madrigal (2016), hacen una clasificación en factores relativos al estudiante (preparación antecedente, aptitudes, estrategias de aprendizaje, actitudes y aspectos personales y familiares), factores relativos al profesor (habilidades pedagógicas, motivación hacia los estudiantes, tipo de actividades desarrolladas, uso de los recursos

didácticos, formas y aplicación de la evaluación, práctica de atención individualizada a los estudiantes, dedicación a la labor docente) y factores relativos a la Institución (plan y programas de estudio, coordinación entre las materias, selección metodológica del proceso académico).

Cada aspecto ha sido objeto de múltiples estudios y reflexiones en la búsqueda de motivos explícitos y estrategias de mejora. Con relación a los antecedentes académicos, es común que muchos estudiantes que ingresan a instituciones de educación superior muestran no poseer las habilidades para el estudio necesarias para concluir exitosamente sus estudios, poseen un nivel bajo de habilidades de organización, empleo de técnicas de estudio y motivación, lo cual no les permite abordar con éxito los retos de la vida universitaria. (Fernández, Mijares, Álvarez y León, 2015, citados por Gutiérrez, Villalón, Medina y Hernández, 2017).

Es preocupación constante de los profesores y administradores de la educación la situación de los aspirantes a ingresar a las carreras de licenciatura y los resultados del proceso de selección, sin que generalmente se hagan análisis detallados y se actúe en consecuencia para mejorar los procesos de aprendizaje de los estudiantes de nuevo ingreso. Los procesos de selección escolar en el nivel superior en México se basan tanto en demandas coyunturales del entorno inmediato, como a las particularidades propias de cada institución educativa y a las políticas y compromisos de equidad y cobertura, en función de los requerimientos que los diferentes sectores sociales.

## **PROCESO DE SELECCIÓN Y ADMISIÓN**

Se entiende por selección el proceso por medio del cual se eligen los aspirantes con mejores características y perfiles para

ingresar a un programa educativo. La admisión es la decisión final que se toma de recibir a un aspirante en un programa y que se concreta en la asignación de la matrícula. Las instituciones de educación superior en México, principalmente las universidades autónomas y las escuelas particulares, han adoptado diferentes mecanismos de selección que le permiten elegir a los aspirantes que cumplan con los requisitos mínimos establecidos, y que figuren como los sujetos idóneos y merecedores de ocupar un lugar en la universidad. Cada institución establece las herramientas más eficientes y los criterios que considera adecuados para realizar la selección de estudiantes.

### **EL EXAMEN NACIONAL DE INGRESO**

En la actualidad, es cada vez más generalizado el uso de una prueba elaborada por un organismo externo a la Universidad, el Centro Nacional de Evaluación (CENEVAL). Esta herramienta es el Examen nacional de ingreso para la licenciatura (Exani II).

“El EXANI-II brinda información sobre los resultados de aprendizaje logrados por el aspirante en áreas que son predictivas del desempeño académico que tendrán los estudiantes en el nivel superior al que ingresarán” (Ceneval, 2017).

El Exani II está integrado por dos pruebas, Admisión y Diagnóstico. “EXANI-II Admisión, que evalúa aptitudes y competencias disciplinares predictivas del desempeño. Su propósito es detectar el potencial de los aspirantes para cursar con éxito el primer año del nivel educativo al que desean ingresar. Apoya a la toma de decisiones de las instituciones educativas sobre el ingreso a los programas académicos que ofertan.” “EXANI-II Diagnóstico, mide las competencias disciplinares esenciales que deben dominar los estudiantes para ingresar al programa de educación superior que han

elegido. Dado su carácter diagnóstico, la institución usuaria tiene la prerrogativa de incluir o no esta prueba en su proceso de aplicación.” (Ceneval, 2017).

## **METODOLOGÍA**

Se realizó una investigación cuantitativa, con enfoque correlacional y descriptivo. Se estudió a 380 estudiantes de Ingeniería Química de siete cohortes generacionales, de agosto-diciembre de 2012 a agosto-diciembre de 2016, del Instituto Tecnológico de Pachuca. La metodología utilizada consistió en lo siguiente:

### 1. Análisis de resultados del Exani II.

1.1 Análisis por cohorte generacional de la relación entre el índice general obtenido en el examen de admisión (ICNE) y los índices de cada área específica de los exámenes, relacionada con las matemáticas (Pensamiento matemático, Pensamiento analítico y Matemáticas, o sus equivalentes en los exámenes de años anteriores). La relación obtenida proporciona la validez para utilizar en los pasos subsecuentes solo el ICNE.

1.2 Análisis de los resultados obtenidos en el EXANI II de todos los estudiantes y por cohorte generacional, a partir de sus índices obtenidos, ubicando tres bloques: de 1300 a 1150 puntos, de 1149 a 1000 puntos y de 999 a 700 puntos.

### 2. Análisis del rendimiento de los estudiantes.

2.1 Con ayuda del Sistema Integral de Información (SII) del Instituto Tecnológico de Pachuca obtener información académica del kardex de cada uno de los estudiantes, para el estudio y análisis de su rendimiento escolar en las ocho materias del área de matemáticas que cursan en su carrera: cálculo diferencial, matemáticas discretas, cálculo integral, álgebra lineal, probabilidad y estadística, cálculo vectorial, ecuaciones

diferenciales y métodos numéricos.

2.2 Análisis de los resultados, con relación a la oportunidad en la cual se obtuvo la calificación finalmente aprobatoria o reprobatoria.

### 3. Contrastación de resultados.

3.1 Análisis estadístico de los resultados arrojados por las dos fuentes de información anteriores y obtención de su correlación.

4. Elaboración del modelo. A partir de la tendencia obtenida en el análisis, se elabora el modelo predictivo de desempeño de los estudiantes en el área de matemáticas.

## **RESULTADOS**

La Figura 1 muestra gráficamente la relación entre el Índice Ceneval (ICNE) y los índices por área. Para el área de matemáticas del examen diagnóstico se manejaron los mismos puntajes ya especificados para los resultados: Sobresaliente (1300-1150), Satisfactorio (1149-1000) y Sin Dictamen o No Satisfactorio (999-700).

Se observa que existe una alta correspondencia entre los resultados contrastados, principalmente del Índice General con Pensamiento Matemático y Pensamiento Analítico, que son las áreas consideradas en el examen de admisión. Esto indica que el ICNE es representativo del estado cognitivo y de desarrollo en el área de matemáticas de los sustentantes.

Teniendo ya los valores de los ICNE de los 380 estudiantes aceptados, clasificados en los tres bloques ya mencionados y por cada cohorte generacional, se analizaron las calificaciones obtenidas por ellos como estudiantes de Ingeniería Química en todas las materias del área de matemáticas, desde su ingreso hasta el periodo enero-junio de 2018.

El primer panorama de su rendimiento se observa en las gráficas mostradas en las figuras 2 y 3, que presentan la instancia en la que acreditaron las materias o no acreditaron

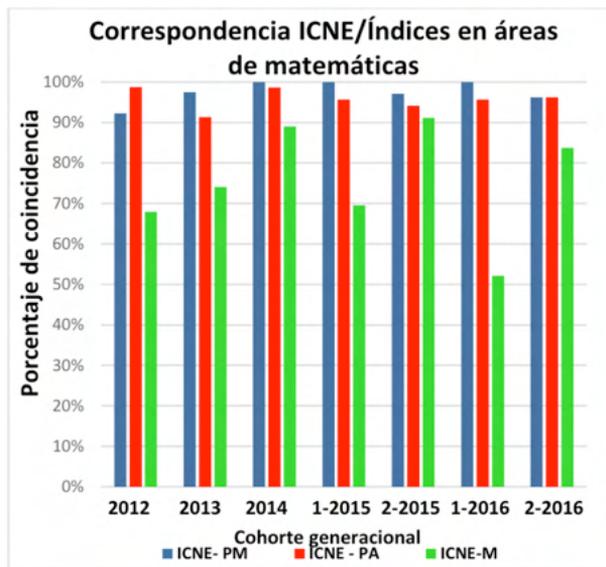


Figura 1. Correspondencia entre los índices del Exani II

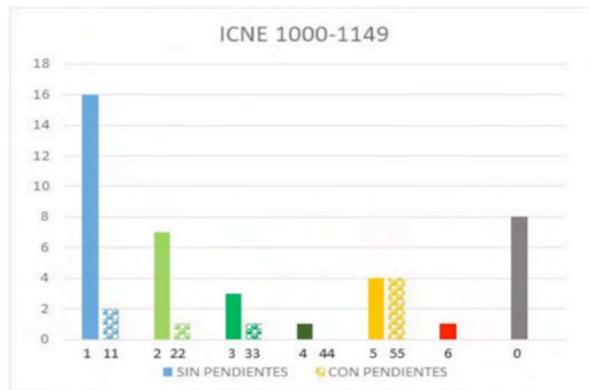


Figura 2. Rendimiento en materias de matemáticas. ICNE 1150-1300 y 1000-1149.

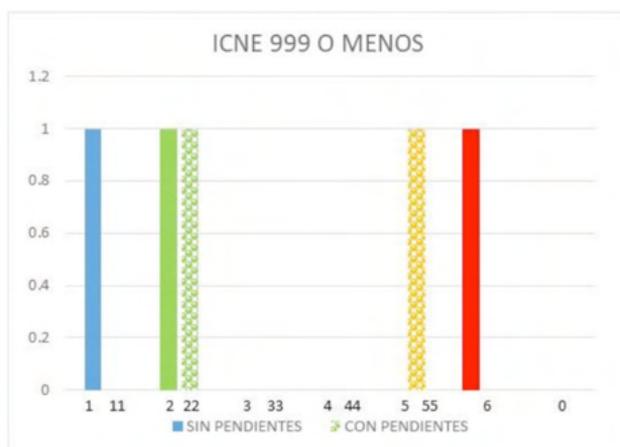


Figura 3. Rendimiento en materias de matemáticas. ICNE 700-999.

	Todas las materias acreditadas en el primer curso
	Acreditadas en primer curso pero con pendientes de repetir
	Una materia acreditada en curso de repetición
	Una acreditada en de repetición y pendientes de recurrar
	Dos materias acreditadas en curso de repetición
	Dos acreditadas en repetición y pendientes de recurrar
	Tres o más aprobadas en curso de repetición
	Tres o más acreditadas en repetición y pendientes de recurrar
	Una o más materias acreditadas en curso especial
	Una o más acreditadas en especial y pendientes en especial
	Una o más no acreditada en curso especial
	Desertaron sin agotar sus oportunidades

Cuadro 1. Significado de las columnas de las gráficas

después de todas sus oportunidades. El significado de cada color de columna se indica en el cuadro 1.

En estas gráficas totales se hace notoria ya la correspondencia entre los ICNE y el rendimiento de los estudiantes en el área en estudio. Cabe mencionar que se elaboraron las mismas gráficas para los siete cohortes generacionales y por cada materia; y los resultados marcan la misma tendencia.

### MODELO PREDICTIVO

Para establecer una correspondencia entre los resultados del EXANI-II y el desempeño académico de los estudiantes de ingeniería en el área de matemáticas, se analizaron los datos obtenidos de los 380 alumnos de siete cohortes generacionales correspondientes a la

carrera de Ingeniería Química.

Se tomaron en cuenta los resultados obtenidos por los alumnos en siete materias del área de matemáticas, clasificándolos de acuerdo al nivel de desempeño obtenido en el Examen Nacional de Ingreso: Sin Dictamen o No satisfactorio (700-999), Satisfactorio (1000-1149) y Sobresaliente (1150-1300). Para ello, se analizaron las calificaciones obtenidas en las áreas de razonamiento lógico matemático (RLM), matemáticas (MAT) y la calificación global del examen (ICNE).

Las materias incluidas en el estudio son: Cálculo Diferencial, Cálculo Integral, Probabilidad y Estadística, Álgebra Lineal, Cálculo Vectorial, Métodos Numéricos y Ecuaciones Diferenciales. Se ordenaron los datos para el total de los alumnos analizados,

clasificándolos por materia y de acuerdo a las calificaciones obtenidas en cada una de las tres áreas señaladas anteriormente: Razonamiento lógico matemático, matemáticas y la calificación global del examen.

El análisis de los datos se realizó de manera global, tomando en cuenta la muestra completa de los 380 alumnos, a lo largo de siete cohortes generacionales. De esta manera, los datos obtenidos representan de manera muy completa el historial académico de los alumnos en estudio, en relación a su desempeño en las materias del área de matemáticas.

A continuación, se presentan únicamente las gráficas más representativas del estudio, debido al espacio disponible en este artículo. En total se obtuvieron alrededor de 80 gráficas con las cuales se sustenta el presente estudio y permiten observar una tendencia clara y definida acerca de la correlación existente entre las calificaciones obtenidas por los estudiantes en el EXANI-II y el rendimiento académico en las materias del área de matemáticas, en la carrera de Ingeniería Química.

A manera de muestra, en la Figura 4 se presenta la dispersión de los datos obtenidos en las materias de Álgebra Lineal y Cálculo Diferencial, en función de la calificación global del EXANI-II (índice general, ICNE). La función o modelo predictivo es de forma exponencial, en razón de que es el que proporciona mejor correlación de los datos. Con este modelo es posible obtener la calificación promedio de un alumno con base en el valor del ICNE obtenido en el examen de ingreso. Las Figuras 6 y 7 muestran los resultados análogos para las materias de Cálculo Diferencial y Ecuaciones Diferenciales, respectivamente. La línea de tendencia es similar a la primera y esto confirma la solidez y confiabilidad de las ecuaciones (modelos predictivos) obtenidos; se muestran diferentes modelos (lineal y polinómico) para mostrar las diversas opciones, resaltando la

correlación muy cercana a 1, con cada uno de ellos.

La dispersión de los datos, así como la correlación baja en la función predictiva, se debe principalmente al gran tamaño de la muestra, así como el hecho de haber tomado en cuenta siete cohortes generacionales. Esta situación, lejos de ser una desventaja, resulta ser de gran utilidad porque le da validez, estabilidad y confiabilidad estadística a los resultados obtenidos.

Finalmente, la Figura 6 muestra el modelo predictivo de las calificaciones obtenidas en promedio de todas las materias del área de matemáticas analizadas, en función de la calificación global del EXANI-II. En esta gráfica se observa claramente la misma tendencia de las gráficas anteriores, sólo que ahora se toman en cuenta todas las materias y se obtiene la tendencia promedio del rendimiento académico de un estudiante de la carrera de Ingeniería Química, en función de la calificación global obtenida en el examen de ingreso.

Para esta gráfica final, el rango de calificación promedio fue de 50-100, en razón de que, al no ser de una materia en particular, es posible tomar en cuenta algunas de ellas reprobadas para la correlación final. Esto da mayor confiabilidad y estabilidad al modelo predictivo y también se corrobora la hipótesis planteada al inicio del proyecto.

## CONCLUSIONES

Con base en el análisis de los resultados y las diversas ecuaciones de tendencia en cada una de las gráficas obtenidas, podemos decir que los resultados son consistentes, con una repetitividad, precisión y confiabilidad aceptable.

La metodología utilizada para el análisis de los datos obtenidos proporciona validez, estabilidad y confiabilidad estadística a los resultados que se presentan en este trabajo.

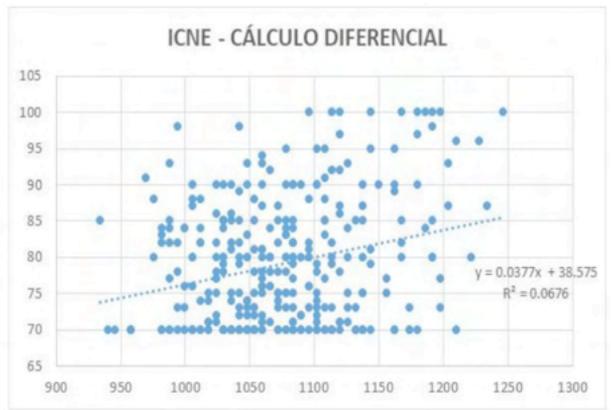
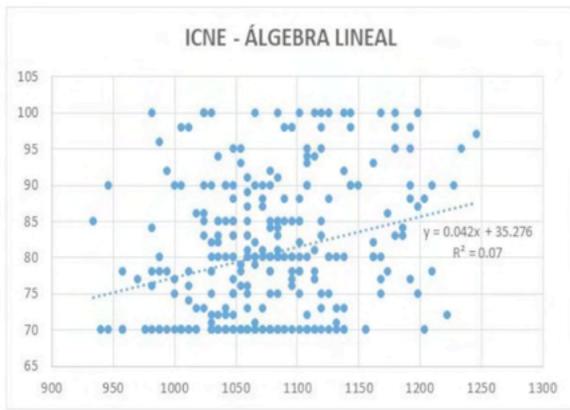


Figura 4. Relación de la calificación del EXANI-II (ICNE) Vs Calificación en Álgebra Lineal y Cálculo Diferencial.

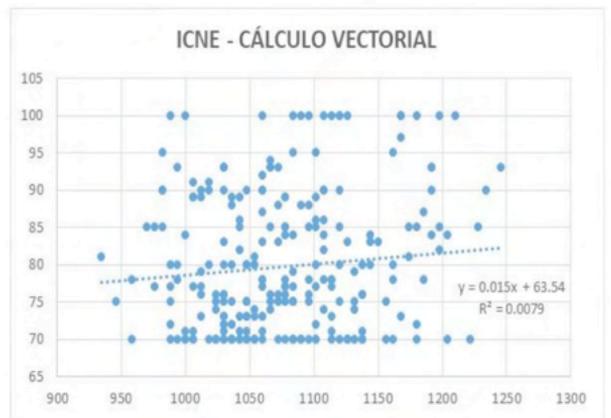
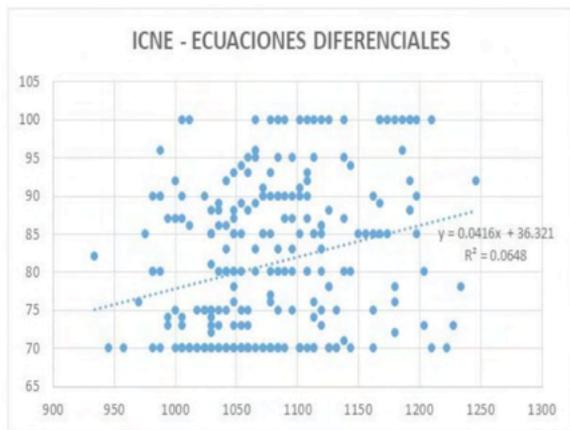


Figura 5. Relación de la calificación del EXANI-II (ICNE) Vs Calificación en Ecuac. Dif. y Cálculo Vectorial.

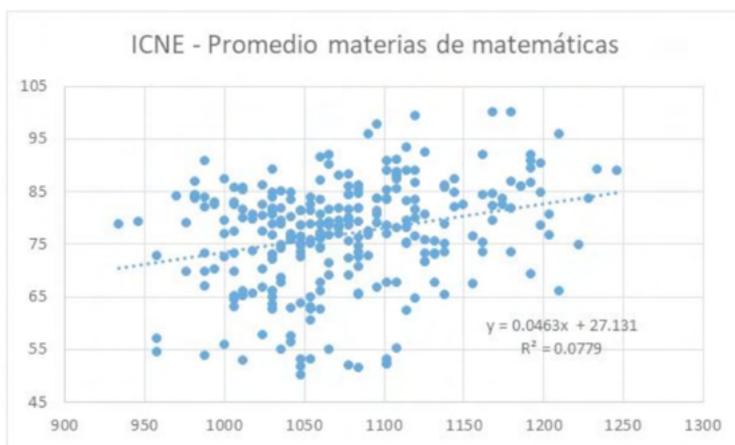


Figura 6. Relación de la calificación del EXANI-II (ICNE) Vs Promedio de todas las materias de matemáticas.

El modelo promedio obtenido con el análisis global de los datos disponibles (Figura 7), permite predecir la calificación promedio de un estudiante en las materias del área de matemáticas de la carrera de Ingeniería Química. La función es:

$$y = 0.0463x + 27.131 \text{ con una correlación de } 0.0779$$

De acuerdo con este modelo, un estudiante que obtenga en el examen de ingreso una calificación global (ICNE)=1000, obtendrá una calificación promedio en las ocho materias del área de matemáticas, igual a 73.43%. La dispersión que se observa en la gráfica se debe al gran número de datos considerados; sin embargo, la tendencia lineal es clara y proporciona resultados confiables.

Así, el modelo predictivo que se presenta cumple de manera precisa con el objetivo planteado al inicio de la presente investigación.

## REFERENCIAS

- Alfaro, N., Mireles, L. y Zambrano, G. *Estrategias institucionales para mejorar el rendimiento académico del estudiante de ingeniería en un programa internacional*. Revista electrónica ANFEI digital, año 2, no. 5 jul-dic 2016. Recuperado de <http://www.anfei.org.mx/revista/index.php/revista/article/view/297/940>
- Barrera, P. y Estrella, G. *Correlación entre el bachillerato, el examen de admisión a la educación superior y el rendimiento académico de los estudiantes del octavo semestre de la carrera de enfermería en el período octubre 2012 a marzo 2017*. Universidad Central del Ecuador. Quito, marzo de 2017. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9860/1/T-UC-0006-05.pdf>
- Erazo, O. *El rendimiento académico, un fenómeno de múltiples relaciones y complejidades*. Revista Vanguardia Psicológica Clínica Teórica y Práctica. Universidad Manuela Beltrán. Volumen 2, Número 2, Bogotá D.C. Colombia octubre-marzo de 2012. Recuperado de <file:///C:/Users/Iv%C3%A1nSamuel/Documents/Desarrollo%20Acad%C3%A9mico/Investigaci%C3%B3n%20educativa/Coordinaci%C3%B3n/L%C3%ADneas%20de%20investigaci%C3%B3n/L%C3%ADnea%203/Proyectos/Proyecto%201/Material/Dialnet-ElRendimientoAcademicoUnFenomenoDeMúltiplesRelacio-4815141.pdf>
- Gutiérrez, P., Villalón, M. T., Medina, M. G. y Hernández, M. *Determinación de la relación entre habilidades de estudio y desempeño académico en estudiantes de ingeniería*. Revista de Docencia e Investigación Educativa Vol.3 No.10, 1-12 dic. 2017. Recuperado de [http://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Docencia\\_e\\_Investigacion\\_Educativa/vol3num10/Revista\\_de\\_Docencia\\_e\\_Investigacion\\_Educativa\\_V3\\_N10.pdf](http://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Docencia_e_Investigacion_Educativa/vol3num10/Revista_de_Docencia_e_Investigacion_Educativa_V3_N10.pdf)
- Rado, J., Salinas, J. y Rosas, F. *Predicción del rendimiento en el examen de admisión a la UNALM utilizando las técnicas de análisis discriminante lineal y análisis discriminante con algoritmos genéticos*. Anales Científicos, vol. 77 no. 1 (2016) © Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v77i1.474>
- Rodríguez, I. y Madrigal A. *Rendimiento académico y estrategias de aprendizaje*. Universidad Autónoma del Estado de México. Revista de Docencia en Investigación Educativa, Vol.2 No.6 26-34, dic. 2016.