

Análisis sobre el nivel de competencia en matemáticas básicas por parte de estudiantes de cálculo diferencial de nivel superior

Andrés Hernández-Quintana
Instituto Tecnológico de Chihuahua II
andres.hernandez.quintana@gmail.com

Jesús Humberto Cuevas Acosta
Instituto Tecnológico de Chihuahua II
jesus.humberto.cuevas@outlook.com

Resumen

En este trabajo se muestran los resultados de un estudio que tuvo como propósito examinar el nivel de dominio en tópicos esenciales de álgebra, trigonometría y geometría analítica de estudiantes recién matriculados en un curso de cálculo diferencial en una institución de educación superior. Se utilizaron los 5 niveles de la taxonomía SOLO para evaluar la calidad de los aprendizajes de los estudiantes a partir de una serie de ítems diseñados ex profeso. Los resultados obtenidos indican que en álgebra los estudiantes se encuentran en el nivel 3 de la taxonomía y tienen las habilidades para trabajar varios métodos o procesos sin estructura; en trigonometría y en geometría analítica aparecen en el nivel 2, lo que implica que solo fueron capaces de elaborar procedimientos simples.

Palabras clave: Matemática básica, cálculo diferencial, taxonomía SOLO.

Introducción

Generalmente se reconoce que la matemática es una de las disciplinas científicas que mayores desafíos presenta para su enseñanza en todos los niveles educativos. Una muestra de lo anterior constituyen los estudios realizados que tienen el propósito de esclarecer las diferentes causas de este problema y examinar el dominio disciplinar o didáctico del profesor, e incluso factores de tipo social y económico.

En las instituciones universitarias este problema se agudiza debido al alto grado de exigencia para los estudiantes. En el caso particular de México, los procesos en la enseñanza y aprendizaje de la matemática han provocado rezago, reprobación y la consecuente deserción escolar.

El Instituto Tecnológico de Chihuahua II (ITCHII), perteneciente al Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos (SNIT), es una institución representativa del sistema donde se ofertan seis carreras profesionales y dos maestrías que cursan alrededor de 2,500 alumnos, la mayoría de ellos cursando alguno de los programas de ingeniería, a saber, Ingeniería en Sistemas Computacionales (ISC), Ingeniería Industrial (II), Ingeniería en Gestión Empresarial (IGE) e Ingeniería en Informática (IINF). Durante 25 años de trabajo continuo ha formado gran cantidad de profesionistas que se han incorporado de manera exitosa al sector laboral.

Sin embargo, también ha enfrentado dificultades de distinto tipo, una de las notables es el alto índice de reprobación, acentuándose aún más en las asignaturas de ciencias básicas. Esta situación ha provocado la preocupación de las autoridades académicas por las consecuencias que esto acarrea, tales como rezago y deserción escolar. Las materias que presentan los mayores índices de reprobación son aquellas relacionadas directamente con las matemáticas, tales como cálculo diferencial, cálculo integral, cálculo vectorial, álgebra lineal y ecuaciones diferenciales. Este problema se acentúa más en la materia de cálculo diferencial. La siguiente figura muestra los índices de reprobación por carrera.



Figura 1. Índices de reprobación en cálculo diferencial de los últimos 9 años en el ITCH II

Aunque han habido algunos índices de reprobación bajos, se pueden también apreciar algunos muy altos que contrastan, pudiéndose observar que no existe una tendencia a la baja, sino que tiende a la horizontal.

Al entrevistar a diversos maestros de la materia de cálculo diferencial se concluye que una de las causas principales de los porcentajes de reprobación tan altos en esta asignatura es el bajo nivel de desempeño que los alumnos tienen en el área de las matemáticas básicas.

De acuerdo con el programa de estudios de cálculo diferencial para ingenierías en sus planes 2009 y 2010, las competencias previas que debe dominar el alumno (DGEST, 2009) son:

- Manejar operaciones algebraicas.
- Resolver ecuaciones de primer y segundo grado con una incógnita.
- Resolver ecuaciones simultáneas con dos incógnitas.
- Manejar razones trigonométricas e identidades trigonométricas.
- Identificar los lugares geométricos que representan rectas o cónicas.

Estas competencias corresponden a las disciplinas de álgebra, trigonometría y geometría analítica, mismas que son impartidas en nivel medio superior.

Dado que la mayor parte de alumnos que cursan la materia de cálculo diferencial son de nuevo ingreso, y que una gran diversidad de aspirantes provienen de diferentes instituciones educativas e inclusive de diferentes entidades del estado, es necesario evaluar el dominio de competencia que estos estudiantes tienen en la matemática básica.

Por otra parte, desde hace siete años el Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior (CENEVAL) ha diseñado una herramienta para la evaluación de las habilidades y conocimientos básicos que presentan los aspirantes a instituciones superiores, el EXANII cuyos resultados son expresados en un puntaje por áreas del conocimiento (CENEVAL). Es importante señalar que estas pruebas tienen sólidas unidades de medida y que sus resultados resultan muy valiosos para la evaluación de desempeños globales y por áreas del conocimiento, sin embargo,

la problemática de los altos índices de reprobación en cálculo diferencial exige conocer a detalle el nivel de desempeño que presentan los estudiantes en los diferentes tópicos. En consecuencia, es importante dar respuesta a las siguientes interrogantes:

¿Cuál es el nivel de competencia en las disciplinas de álgebra, trigonometría, geometría analítica y geometría plana que tienen los alumnos de nuevo ingreso?, ¿qué proporción de alumnos tienen un nivel de competencia “insuficiente” en estas disciplinas?, ¿en qué dominios específicos presentan los alumnos de nuevo ingreso mayores deficiencias?, ¿qué proporción del alumnado tienen un nivel de competencia “suficiente” en estas disciplinas?, ¿cuáles son las diferencias y similitudes en el desempeño en cada una de estas disciplinas?, ¿cuáles son los tópicos particulares en los que presentan mayores deficiencias en cada una de las disciplinas?, y ¿en qué medida se asemeja el nivel de competencia en estas áreas del saber entre los alumnos de nuevo ingreso que cursan la materia de cálculo diferencial en las carreras de II, ISC, IGE e IINF?

Realizar un diagnóstico puntual generará información valiosa respecto de qué saben, cómo lo saben y en qué medida saben con respecto a aquellas competencias y habilidades necesarias para el buen desempeño en la materia de cálculo diferencial.

Para dar respuesta a estas interrogantes se utilizó el modelo educativo basado en competencias, dado que este modelo ha sido adoptado por el SNIT al cual pertenece el ITCHII. Este modelo ha sido adoptado por varios países de Latinoamérica, 19 de ellos participantes del proyecto Tuning, entre ellos México (Benetoiné, et al, 2007).

En este estudio se asume el concepto de competencia como combinación dinámica de conocimiento, comprensión, capacidades y habilidades de un individuo para resolver una situación problema particular. Asimismo, se adopta la clasificación de competencia como genérica y específica, entendiendo las primeras como las comunes a cualquier estudiante por egresar de nivel superior, y las segundas orientadas a cada campo del saber particular.

Para medir el nivel de desempeño que se tienen en los diferentes tópicos se plantea el uso de la taxonomía SOLO (*Structure of the Observed Learning Outcome*) desarrollada por Biggs y Collis (1982). Esta taxonomía plantea un progreso jerárquico en la complejidad estructural de las respuestas (Huerta, 1999), representado en 5 niveles los cuales se describen en la siguiente figura.

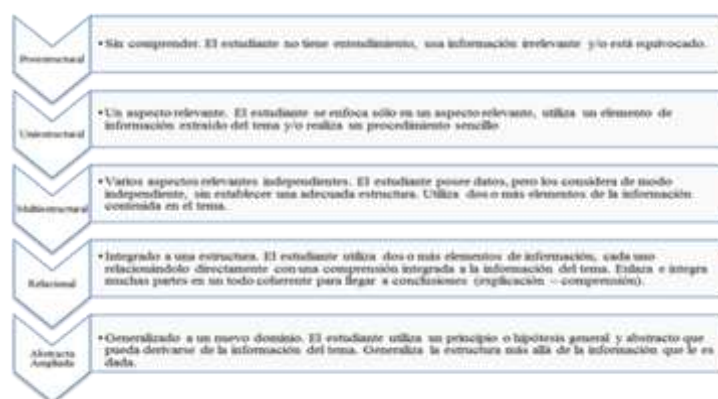


Figura 2. Niveles de la taxonomía SOLO

Es necesario señalar que esta taxonomía se ha utilizado en múltiples indagaciones en distintos campos del saber. La literatura existente es abundante, algunos de los trabajos más representativos son: De Anglat (2010a, 2010b); Brabrandy Dahl (2007, 2009); Rosario, Núñez, González, Almeida, Soares y Rubio (2005); Carrascal (2010); Ramírez, Chavarría, Barahona y Mora (2009); Vallecillos y Moreno (2006); Biggs y Tang (2011); González (2010); y Young (2009). Este estudio plantea los resultados preliminares de la propuesta de trabajo planteada por Hernández-Quintana y Cuevas (2012).

Método

Con base en un análisis detallado de los temas incluidos en los programas de estudio y las recomendaciones de expertos en el campo, se identificaron los tópicos más representativos de la matemática básica que son indispensables para tener un buen desempeño en cálculo diferencial, a saber: (1) sumas algebraicas, (2) ley de los exponentes, (3) multiplicación de polinomios, (4) factorización por factor común (5) demás métodos de factorización, (6) operaciones con fracciones algebraicas, (7) resolución de ecuaciones, (8) resolución de triángulos y proporciones, e identificación de espacios geométricos como (9) línea recta y (10) la parábola. Se construyó un instrumento de 40 reactivos, integrando cuatro preguntas de opción múltiple por tópico las cuales corresponden a los niveles de respuesta esperados que propone la taxonomía SOLO.

Se utilizó la herramienta Lección de la plataforma Moodle para la aplicación del instrumento, debido principalmente a que permite crear exámenes dinámicos a través de una serie de páginas

o preguntas donde tienen múltiples respuestas y de acuerdo a la respuesta seleccionada puede avanzar a una determinada página o reactivo. (Vicent, et al., 2013).

La implementación de la evaluación en esta herramienta permitió crear un examen dinámico donde un alumno que contesta la primer pregunta correctamente pasa de manera automática a la siguiente pregunta, si no contesta correctamente pasa al siguiente tópico; de esta manera un alumno que no logra acertar la respuesta a la pregunta que corresponde al nivel 4 de la taxonomía SOLO no tiene que responder a la pregunta correspondiente al nivel 5 – que exige mayor dominio y comprensión del tópico –. La herramienta se configuró para que las posibles respuestas aparecieran de manera aleatoria.

A continuación se presentan cuatro ítems correspondientes a la evaluación del tópico de ley de los exponentes y el nivel alcanzado de acuerdo a la taxonomía SOLO:

Item 1. Determina el resultado de la siguiente multiplicación: $(-3a^3b^2)(5a^2b)$

- a) $-15a^5b^3$ –Respuesta correcta, el estudiante alcanzó el *nivel 2* y avanza a la siguiente pregunta –.
- b) $-15a^5b^2$ –Respuesta incorrecta, el estudiante alcanzó el *nivel 1* y avanza al siguiente tópico –.
- c) $-2a^5b^3$ –Respuesta incorrecta, el estudiante alcanzó el *nivel 1* y avanza al siguiente tópico –.
- d) $-15a^6b^2$ –Respuesta incorrecta, el estudiante alcanzó el *nivel 1* y avanza al siguiente tópico –.
- e) No sé –El estudiante alcanzó el *nivel 1* y avanza al siguiente tópico –.

Item 2. Determina el resultado de la siguiente operación: $\frac{a^2b^3c^5}{a^3b^2}$

- a) $\frac{bc^5}{a}$ –Respuesta correcta, el estudiante alcanzó el *nivel 3* y avanza a la siguiente pregunta–.
- b) $a^5b^5c^5$ –Respuesta incorrecta, el estudiante se queda en el *nivel 2* y avanza al siguiente tópico–.
- c) abc^5 –Respuesta incorrecta, el estudiante se queda en el *nivel 2* y avanza al siguiente tópico–.

- d) $\frac{b}{a}$ —Respuesta incorrecta, el estudiante se queda en el *nivel 2* y avanza al siguiente tópico—.
- e) No sé —El estudiante se queda en el *nivel 2* y avanza al siguiente tópico—.

Item 3. Determina el producto de la siguiente multiplicación: $(-5x^2y^3)^2(-4x^{-4}y^{-3})$.

- a) $-100y^3$ —Respuesta correcta, el estudiante alcanzó el *nivel 4* y avanza a la siguiente pregunta—.
- b) $20x^{-2}$ —Respuesta incorrecta, el estudiante se queda en el *nivel 3* y avanza al siguiente tópico—.
- c) $20x^{-2}y$ —Respuesta incorrecta, el estudiante se queda en el *nivel 3* y avanza al siguiente tópico—.
- d) $-100xy^3$ —Respuesta incorrecta, el estudiante se queda en el *nivel 3* y avanza al siguiente tópico—.
- e) No sé —El estudiante se queda en el *nivel 3* y avanza al siguiente tópico—.
- f)

Item 4. Determina el producto de la siguiente multiplicación: $(3x^a y^{2b})^2(7xy^{-2})$.

- a) $63x^{2a+1}y^{4b-2}$ —Respuesta correcta, el estudiante alcanzó el *nivel 5* y avanza al siguiente tópico—.
- b) $63x^a y^{b^2}$ —Respuesta incorrecta, el estudiante se queda en el *nivel 4* y avanza al siguiente tópico—.
- c) $63x^{a-1}y^{2b-2}$ —Respuesta incorrecta, el estudiante se queda en el *nivel 4* y avanza al siguiente tópico—.
- d) $63x^{a+3}y^{2b}$ —Respuesta incorrecta, el estudiante se queda en el *nivel 4* y avanza al siguiente tópico—.
- e) No sé —El estudiante se queda en el *nivel 4* y avanza al siguiente tópico—.

De acuerdo a las respuestas que los estudiantes eligieron, se configuró un mensaje que les indicará el nivel de desempeño obtenido en cada tópico.

Esta herramienta se aplicó en dos oportunidades, la primera a 83 estudiantes de nuevo ingreso y la segunda a 36 estudiantes de ingeniería en sistemas computacionales de un grupo de cálculo diferencial.

Resultados y conclusiones

Primera aplicación.-La primer aplicación fue respondida por 83 estudiantes de nuevo ingreso quienes contestaron el examen en línea en 1 hora 4 minutos en promedio. Su desempeño se muestra en la siguiente figura.

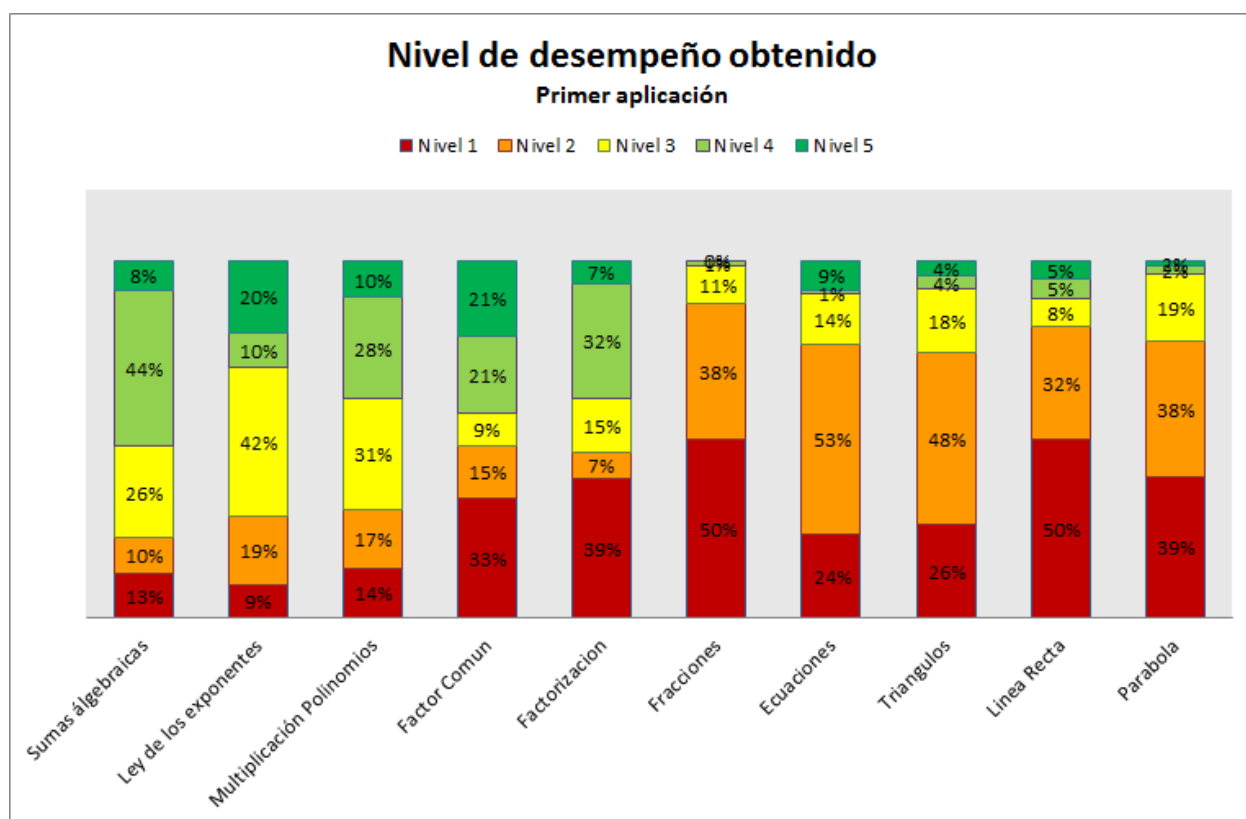


Figura 3. Resultados del nivel de desempeño en la primer aplicación.

Se puede observar que el tópicos en el que se presentan mayores deficiencias es resolver operaciones con fracciones; los tópicos que componen las operaciones elementales de álgebra presentan menos deficiencias –sumas algebraicas, ley de los exponentes, multiplicación de polinomios y los temas de factorización–. Los estudiantes presentan dificultades al identificar espacios geométricos como la recta y la parábola.

De manera general, el 30% de los estudiantes se encuentra en el *nivel 1*, 28% en el *nivel 2*, 19% en el *nivel 3*, 15% en el *nivel 4* y solo 9% alcanzó el *nivel 5*. Esto quiere decir que de manera general los alumnos llegan en promedio al *nivel 2* – 2.6 en promedio –, lo cual nos indica que su desempeño global en temas de matemática básica es insuficiente.

En los temas de álgebra solo 30% de los estudiantes alcanzó el nivel 4 o 5 –que podría considerarse el nivel deseado para tener un buen dominio de los tópicos–, esto quiere decir que 70 % tuvieron un nivel por debajo del deseado y 26% tuvieron un nivel críticamente bajo – Nivel 1 –. En promedio los alumnos estuvieron cerca del *nivel 3* – 2.7 en promedio –.

En el manejo de triángulos y proporciones –trigonometría básica – se puede observar que solo 11% alcanzó los niveles 4 o 5, 89% estuvo por debajo del nivel deseado y 26% tuvieron un nivel críticamente bajo. En promedio los alumnos estuvieron cerca del *nivel 2* –1.9 en promedio–.

En temas de *geometría analítica* –manejo de recta y parábola– solo el 7% alcanzó el nivel 4 o 5, esto quiere decir que 93% estuvo por debajo del deseado y 45% tuvieron un nivel críticamente bajo. En promedio los alumnos estuvieron en el *nivel 2* –2.1 en promedio–.

Segunda aplicación.–Se aplicó la evaluación a 36 estudiantes de cálculo diferencial de la carrera de ingeniería en sistemas computacionales, quienes respondieron en un lapso de 1 hora en promedio. El desempeño de los estudiantes se muestra en la siguiente figura –se omitieron los resultados de la parábola ya que durante la aplicación en línea varias imágenes no fueron visibles para los alumnos.

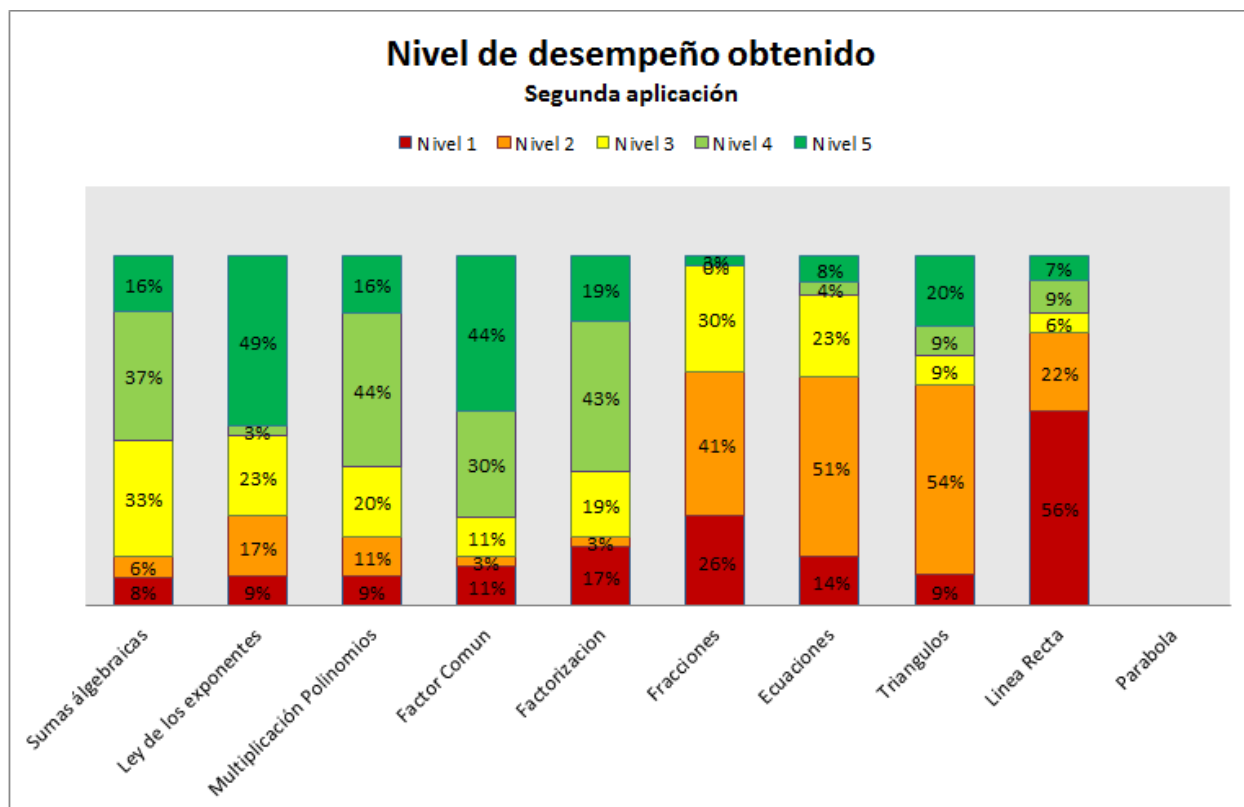


Figura 4. Resultados del nivel de desempeño en la segunda aplicación.

Puede notarse que al igual que en la primera aplicación el tópico en el que presentaron mayor deficiencia fue la resolución de operaciones con fracciones. Los estudiantes de ISC tuvieron un mejor desempeño en temas de factorización que el general de la primera aplicación, sin embargo, en temas de geometría y trigonometría siguen teniendo dificultades.

De manera global, 18% de los estudiantes se ubicaron en el *nivel 1*, 23% consiguió el *nivel 2*, 19% el *nivel 3*, 20% el *nivel 4* y 20% el *nivel 5*. Aunque 40% tuvo un desempeño que se podría considerar bueno, 60% tiene dificultades. Por lo tanto, los estudiantes alcanzaron el *nivel 3 – 3.0* en promedio—.

En la disciplina de álgebra 45% de los estudiantes obtuvo un desempeño deseable, mientras que 55% tiene un desempeño que debe mejorar, siendo 13% quienes están en nivel 1. Los estudiantes se encuentran en el *nivel 3 – 3.2* en promedio —en temas de álgebra.

En temas de trigonometría básica 17% alcanzó un nivel deseado, 83% tiene un bajo desempeño y solo 9% tiene un desempeño críticamente bajo. Los estudiantes obtuvieron un *nivel 3 – 2.8* en promedio—.

En temas de geometría analítica, específicamente manejo de la línea recta, solo 17% alcanzó un nivel deseado, por lo tanto 83% debe mejorar y 56% tiene un nivel críticamente bajo. Alcanzaron un *nivel 2* – 1.9 en promedio –.

Al comparar los resultados de las dos aplicaciones podemos encontrar muchas coincidencias, los alumnos tienen desempeños globales que están por debajo del *nivel 4*, lo cual nos indica que existe una deficiencia en el nivel de competencia de los alumnos que cursan la asignatura de cálculo diferencial en temas de la matemática básica.

Con base en los resultados observados se recomienda diseñar un curso propedéutico de matemáticas básicas para todos los alumnos de nuevo ingreso, donde la prioridad sea estudiar aquellos tópicos en los cuales tuvieron mayores dificultades, tales como operaciones con fracciones algebraicas, resolución de ecuaciones, manejo de triángulos y proporciones, y temas propios de geometría analítica.

Es importante, además, que al iniciar el semestre se aplique el instrumento de diagnóstico, cuyos resultados podrán ser utilizados por los alumnos, profesores y tutores; los estudiantes tendrán un autodiagnóstico de sus fortalezas y debilidades, los profesores podrán detectar aquellos estudiantes que tienen mayores dificultades y encauzarlos en un taller remedial– previamente diseñado de manera institucional– donde se pueda llevar a cabo un trabajo académico para subsanar las deficiencias detectadas de manera individual. Los tutores podrán identificar a aquellos alumnos en quienes se detectaron bajos desempeños y darles un seguimiento más cercano con respecto a sus avances en la materia.

Asimismo, se planea establecer convenios de colaboración académica entre instituciones de educación superior y escuelas de bachillerato para articular programas de formación de profesores y estudiantes.

Bibliografía

- Biggs, J. B., & Collis, K. F. (1982). Evaluating the quality of learning: The Solo Taxonomy. Academic Press, New York
- Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university* (4th ed.). Open University Press.
- Brabrand, C., & Dahl, B. (2009). Using the SOLO taxonomy to analyze competence progression of university science curricula. *Higher Education*, 58(4), 531–549. doi:10.1007/s10734-009-9210-4
- Hernández-quintana, A., & Cuervas, J. H. (2013). Reflexión sobre el nivel de competencia en matemáticas básicas por parte de estudiantes de cálculo diferencial en educación superior. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 10.
- Beneitone, P., Esquetini, C., González, J., Maletá, M. M., Siufi, G., & Wagenaar, R. (2007). Reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina Informe Final – Proyecto Tuning – América Latina 2004-2007. *Universidad de Deusto*, 1–432. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-59972007000200012&script=sci_arttext&tlng=es
- Carrascal, N. (2010). Taxonomía SOLO (structureobservedlearningoutcomes): un método de análisis de la calidad de los aprendizajes desde la perspectiva de la gestión del currículo. In *1er Simposio internacional y 2do Coloquio Regional de Investigación educativa y pedagógica*. Retrieved from <http://www.edunexos.edu.co/emasued/simposio/Conferencias/CarrascalTorresNohemy.pdf>
- CENEVAL. (n.d.). Explicación del reporte de resultados, 39. Obtenido de http://archivos.ceneval.edu.mx/archivos_portal/6344/Reportederesultados.pdf
- De Anglat, H. D. (2010). La Taxonomía SOLO en la evaluación de la producción escrita académica. In V. Castel & L. Cubo (Eds.), *La renovación de la palabra en el bicentenario de la Argentina. Los colores de la mirada lingüística*. (Mendoza: E., pp. 457–462). Obtenido

[dehttp://mendoza-](http://mendoza-)

[conicet.gov.ar/institutos/incihusa/ul/csal12/Difabio de Anglat 62 CSAL12.pdf](http://conicet.gov.ar/institutos/incihusa/ul/csal12/Difabio%20de%20Anghat%2062%20CSAL12.pdf)

González, L. A. (2010). Aprendizaje y evaluación por competencias. *Quadernsdigitals. Revista de Nuevas Tecnologías y Sociedad*, 62, 1–15. Obtenido

[dehttp://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3174541](http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3174541)

Huerta, M. P. (1999). Los niveles de Van Hiele y la taxonomía solo: un análisis comparado, una integración necesaria. *Enseñanza de las ciencias*. Obtenido

[dehttp://dialnet.unirioja.es/servlet/dcart?info=link&codigo=94961&orden=23665](http://dialnet.unirioja.es/servlet/dcart?info=link&codigo=94961&orden=23665)

Ramírez, G., Chavarría, J., Barahona, C., & Mora, M. (2009). Análisis de las conceptualizaciones erróneas en conceptos de geometría y sistemas de ecuaciones: un estudio con estudiantes universitarios de primer. *Revista digital Matemática, Educación e Internet*, 10, 1–28.

Obtenido [dehttp://www.tec-](http://www.tec-)

digital.itcr.ac.cr/revistamatematica/ARTICULOS_V10_N1_2009/ANALISIS_CONCEPTUALIZACIONES/Analisis_de_las_conceptualizaciones.pdf

Rosário, P., Núñez, J. C., González-Pienda, J. A., Almeida, L., Soares, S., & Rubio, M. (2005). El aprendizaje escolar examinado desde la perspectiva del “Modelo 3P” de J. Biggs.

Psicothema, 17, 20–30. Obtenido

[dehttp://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1070686](http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1070686)

Vallecillos, A., & Moreno, A. (2006). Estudio teórico y experimental sobre el aprendizaje de conceptos y procedimientos inferenciales en secundaria. *Tarbiya*, 61–78. Obtenido

[dehttp://www.uam.es/servicios/apoyodocencia/ice/tarbiya/pdf/articulos/Tarbiya038-061-078.pdf](http://www.uam.es/servicios/apoyodocencia/ice/tarbiya/pdf/articulos/Tarbiya038-061-078.pdf)

Vicent, A., Gomez, S., Castilla, S., Arevalo, C., Gomez, G., Pelegrí, I., ...Valero, G. (2013).

19/Lecciones. Obtenido [dehttp://docs.moodle.org/all/es/Lecciones](http://docs.moodle.org/all/es/Lecciones)

Young, S. F. (2008). Theoretical frameworks and models of learning: tools for developing conceptions of teaching and learning. *International JournalforAcademicDevelopment*, 13(1), 41–49. doi:10.1080/13601440701860243

