

# LA EVALUACIÓN COMO INSTRUMENTO PARA LA ENSEÑANZA DEL CÁLCULO. ALTERNATIVAS EN LA EDUCACIÓN UNIVERISTARIA

**Giovanni Ruiz Faúndez; Liliana Milevicich, Alejandro Lois**  
Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco. (Argentina)  
gruizfaundez@gmail.com, liliana\_milevicich@yahoo.com.ar, alelois@hotmail.com

## Resumen

La evaluación en el nivel universitario suele ser del tipo sumativa, y considerada solamente como una instancia final de acreditación de conocimientos. Esta manera de concebirla e implementarla, deja de lado las potencialidades que puede tener la evaluación entendida de manera formativa, como un instrumento de enseñanza. En este sentido, se diseñaron e implementaron un conjunto de experiencias con alumnos de segundo año de la carrera de Ingeniería, en la materia Análisis Matemático II, donde se utilizaron instrumentos de evaluación formativa y a partir de los cuales se pudieron observar diferencias en los aprendizajes logrados respecto de la utilización de la evaluación sumativa.

**Palabras clave:** evaluación formativa, Cálculo, aprendizaje, competencias

## Abstract

Evaluation is usually of summative type in higher education, and it is considered only as the evaluation of knowledge at the end of a stage. This way of conceiving and implementing it, puts aside the potentialities that formative evaluation can have, as a teaching tool. Therefore, in this sense, we designed and implemented a set of experiences with second-year students of the Engineering degree, in Mathematical Analysis II, where formative assessment tools were used, and from which it was possible to observe the difference in the learning achieved by the students compared to their achievement when using summative evaluation.

**Key words:** formative evaluation, calculus, learning, skills

## ■ Introducción

La evaluación no debiera ser considerada un apéndice de la enseñanza ni del aprendizaje, es parte de ambas. En la medida en que el sujeto aprende, simultáneamente discrimina, valora, critica, opina, razona, fundamenta, decide, enjuicia, elige; entre lo que considera que tiene un valor en sí y aquello que carece de él. Esta actitud evaluadora, que se aprende, es parte del proceso educativo, y tiene carácter formativo.

La necesidad de evaluar, no sólo para acreditar los logros académicos sino también las competencias de modo amplio, ha puesto en crisis el uso exclusivo de las tradicionales evaluaciones sumativas. La mejora en el rendimiento de los alumnos comienza cuando el docente se cuestiona: ¿qué enseño?, ¿por qué enseño

esto y no otras cosas?, ¿de qué modo lo enseño?, ¿pueden aprenderlo mis alumnos?, ¿qué hago para contribuir a un aprendizaje significativo?

Es por ello que, con el propósito de lograr aprendizajes significativos, se diseñaron e implementaron un conjunto de acciones utilizando la evaluación formativa como herramienta, para luego comparar las evaluaciones parciales tradicionales (sumativas) y las competencias logradas entre dos grupos: uno con el cual se trabajó con evaluaciones formativas adicionales, y otro con el que no se hizo.

### ■ Indagación bibliográfica

El término “evaluación formativa” fue introducido por Michael Scriven en los años 60, en referencia a las estrategias didácticas utilizadas por los profesores con la finalidad de adaptar sus prácticas docentes a los progresos y necesidades de aprendizaje observados en sus estudiantes (Scriven, 1967).

Este tipo de evaluación tiene como objetivo regular los procesos de enseñanza y aprendizaje para permitir que los medios de enseñanza respondan a las características de los aprendizajes, intentando detectar cuáles son sus puntos débiles, más que medir los resultados de este aprendizaje.

En esta concepción de la evaluación, los errores son objeto de estudio para el docente, que se centra en las estrategias elaboradas por los estudiantes para determinar modificaciones en sus acciones educativas. Es decir, que a partir de la identificación de las dificultades que tienen los estudiantes para realizar las tareas que se les propone, el docente puede arbitrar los medios necesarios para que sus alumnos logren los aprendizajes. De la misma manera, en este proceso es importante la identificación de los logros de aprendizaje, reforzando aquellos aspectos donde los alumnos tuvieron éxito y tener así, la posibilidad de reforzar aquellas estrategias utilizadas.

La evaluación formativa permite recoger información, mientras los procesos de enseñanza y aprendizaje se encuentran en desarrollo, a diferencia de la Evaluación Sumativa, que se centra en el producto final.

Varios autores han investigado sobre el papel de la evaluación en los procesos de enseñanza y aprendizaje: Álvarez Valdivia explica que “la evaluación debe trascender el enfoque de medida y la constatación de la capacidad de reproducir el conocimiento que demandan las pruebas objetivas” (Álvarez Valdivia 2008, p. 258). Para Cols (2009), este tipo de evaluación tiene un papel decisivo contra el fracaso escolar, mientras que William (2009) sostiene que la evaluación formativa y la retroalimentación tienen una incidencia positiva en el aprendizaje, pero no explicita la magnitud de este impacto.

Nuestra propuesta, se enmarca en un enfoque de evaluación orientada a la mejora del aprendizaje, basada en procedimientos que se consideran como métodos alternativos a la evaluación tradicional y contienen tareas que conllevan a soluciones reflexivas, en las que los alumnos deben interpretar, analizar, evaluar problemas y explicar sus argumentos.

Angelo y Cross (1993) sugieren emplear técnicas informales de evaluación, que complementen a la evaluación sumativa, y permitan un monitoreo más continuo: los llamados “CATs” (Classroom Assessment Technics), según su nombre original en inglés, son estrategias, que permiten recolectar, de manera rápida y sencilla, información sobre la manera en que están aprendiendo los alumnos, para poder

mejorar el proceso, en caso de ser necesario. Estas características amplifican su aptitud para aplicarlas en el ámbito universitario, donde los tiempos apremian y las cantidades de alumnos obstaculizan un trabajo más personalizado, ya que permiten recabar información casi a diario sobre la marcha del proceso (del Puerto y Seminara, 2014).

Estas experiencias están enmarcadas en lo que se denomina “evaluación orientada al aprendizaje”, que gira alrededor de tres cuestiones centrales: plantear las tareas de evaluación como tareas de aprendizaje, involucrar a los estudiantes en la evaluación, y ofrecer los resultados de la evaluación a modo de retroalimentación (Álvarez Valdivia, 2008). En ese sentido, el diseño de actividades específicamente destinadas a la evaluación, está destinado a que los estudiantes pongan en juego procesos cognitivos que propicien la generación de nuevos aprendizajes.

### ■ Método

En la Facultad Regional General Pacheco, de la Universidad Tecnológica Nacional, se diseñaron e implementaron diferentes experiencias durante el año 2016, con los alumnos de segundo año de la carrera de Ingeniería Eléctrica, en la materia Análisis Matemático II.

Para implementar estas actividades de evaluación formativa, previas a cada evaluación sumativa, se siguió la serie de etapas recomendada por Bloom, Hastings, Madaus (1971):

- Se subdividió el curso en unidades de aprendizaje que abarcaron una o dos semanas (no más de 10 horas de clase)
- Se estableció una jerarquía de objetivos de aprendizaje para cada unidad
- Se construyeron y administraron periódicamente breves pruebas
- Se analizaron los resultados de estas pruebas para identificar dificultades, y así modificar las estrategias de enseñanza y el proceso de aprendizaje.

Algunos ejemplos de este tipo de evaluaciones, basadas en los “CATs” de Angelo y Cross (1993), consistieron en la resolución de trabajos prácticos, a desarrollar de una clase para la siguiente; y en dar respuesta a pocas consignas en un breve intervalo de tiempo. Algunas de esas consignas fueron: ¿Cuál fue el tema más importante de la clase?, ¿Cuál fue el tema más difícil?, ¿Qué preguntas te quedaron por hacer?, elige un tema de la unidad, explícalo brevemente y si puedes, agrega un ejemplo de aplicación, explica en una sola oración cuál es la utilidad del Teorema de Stokes, da una propuesta de ejercicio sobre el tema, para que pueda ser incluido en un examen.

### ■ Desarrollo

En relación con las preguntas formuladas a los alumnos, se presentan ejemplos extraídos de respuestas dadas por los alumnos, a algunas de esas consignas.

En la figura 1 se puede observar cómo el alumno pide el repaso de un tema anterior (vector gradiente), necesario para entender los conceptos trabajados en la clase actual (máximos y mínimos condicionados de funciones de dos variables).

. El tema más importante fue extremos (máx y mín)  
 . El tema más difícil fue extremos condicionados  
 Necesitaría repasar el concepto de gradiente

Figura 1. Respuesta de un alumno.

Otras sugerencias se observan en la figura 2. Allí se presenta la solicitud de tres alumnos, para que se aborden ejemplos y se vuelvan a explicar conceptos.

② El TEOREMA DE FERMAT y Los multiplicadores de Lagrange son los temas más difíciles que deberían volver a explicarse.  
 ② Deberían dar un ejemplo práctico de multiplicadores en la parte teórica para clarificar conceptos.

Figura 2. Respuesta de un alumno.

En la figura 3 se observa que dos alumnos responden que el tema más difícil de la clase fue integrales triples en coordenadas polares. Esto deja en evidencia un error conceptual: la confusión entre coordenadas en el plano (polares) y coordenadas en el espacio (cilíndricas):

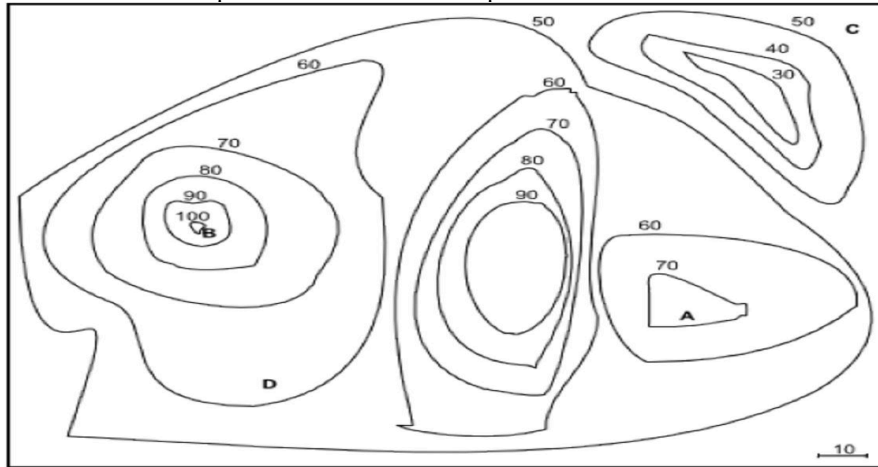
2) El más difícil fue Los integrales triples en coordenadas Esféricas y POLARES  
 2) ¿Cuál el más difícil?  
 Integrales triples en coord. polares y esféricas

Figura 3. Respuesta de un alumno.

También se utilizó la resolución de actividades de una clase a la siguiente. Estas actividades tenían como objetivo principal el afianzamiento de aspectos conceptuales, más allá de lo procedimental. Algunos ejemplos de esas actividades son presentados en las figuras 4 y 5.

**Actividad 1**

El diagrama muestra curvas de nivel de un determinado terreno en decenas de metros. El segmento de la esquina inferior derecha indica que esa distancia en el mapa es de 10 m.



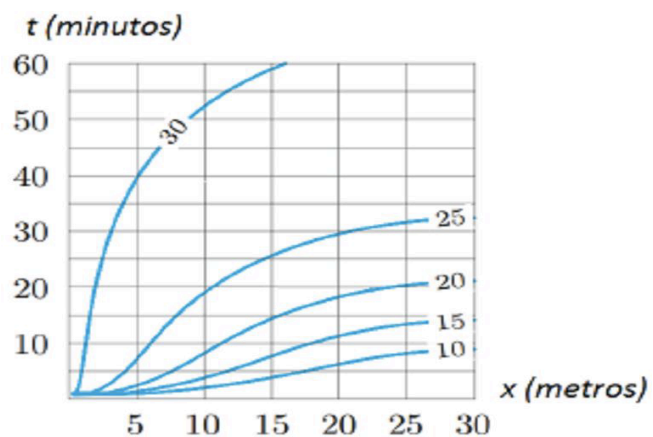
- Indiquen cuántos cerros hay, cuál es el cerro más elevado y cuál es el más empinado, indicando en cada caso el por qué.
- En los puntos A, B, C y D hay ubicadas 4 personas. Decidan a quienes puede ver la persona ubicada en el punto A.
- El médico le ha recomendado a la persona ubicada en el punto A que no baje ni suba pendientes superiores a 45 grados. Determinen el camino más corto para que pueda llegar al punto B sin desoír la recomendación médica.

*Figura 4. Actividades propuestas a los alumnos*

**Actividad 2**

La figura muestra el diagrama de contorno para la temperatura  $T(x, t)$  (medida en °C) de una habitación como función de la distancia  $x$  (en metros) a una estufa y el tiempo  $t$  (en minutos) transcurrido desde el momento en que la estufa fue encendida.

¿Cuáles son los signos de  $\frac{\partial T}{\partial x}(10,20)$  y  $\frac{\partial T}{\partial t}(10,20)$ ? Estimen el valor de estas derivadas parciales e interpreten la respuesta en el contexto de la habitación con la estufa.



*Figura 5. Actividades propuestas a los alumnos*

El análisis de las respuestas, comentarios, y resoluciones por parte de los alumnos, dan la posibilidad de que el docente conozca las dificultades y/o obstáculos, modifique sus estrategias de enseñanza, a tiempo, durante el curso, para trabajar sobre estas cuestiones antes de llegar al final del proceso.

En el año 2015 se trabajó de manera tradicional con evaluaciones sumativas (los habituales exámenes parciales de la materia), mientras que en 2016 se trabajó con evaluaciones formativas y sumativas (los habituales exámenes parciales fueron precedidos por evaluaciones formativas durante el desarrollo de la unidad). Para comparar ambos grupos (2015 y 2016) se utilizó un diseño cuasi-experimental (no es posible establecer equivalencia inicial entre los grupos) con post-prueba (las 3 evaluaciones sumativas), donde fue posible establecer comparaciones entre el grupo 2015 que no recibió el tratamiento y el grupo 2016 que sí lo recibió.

Se analizaron las producciones de los alumnos en las 3 evaluaciones sumativas del año 2016 en relación con las correspondientes evaluaciones del año 2015.

Por otra parte, con el propósito de profundizar el análisis, se evaluaron las competencias adquiridas por ambos grupos (2015 y 2016) correspondientes a la primera unidad de la materia.

Se describen a continuación las competencias evaluadas.

- Competencia 1: Representa gráficamente la función y el círculo osculador
- Competencia 2: Calcula correctamente la curvatura
- Competencia 3: Calcula correctamente el círculo osculador
- Competencia 4: Plantea correctamente la función a maximizar y su dominio
- Competencia 5: Utiliza correctamente algún procedimiento para hallar extremos
- Competencia 6: Verifica que el punto crítico es máximo o mínimo
- Competencia 7: Plantea correctamente los límites de integración en integrales triples
- Competencia 8: Justifica la existencia de extremos absolutos

## ■ Resultados

En relación con las competencias evaluadas en ambos grupos, el gráfico 1 exhibe los resultados.

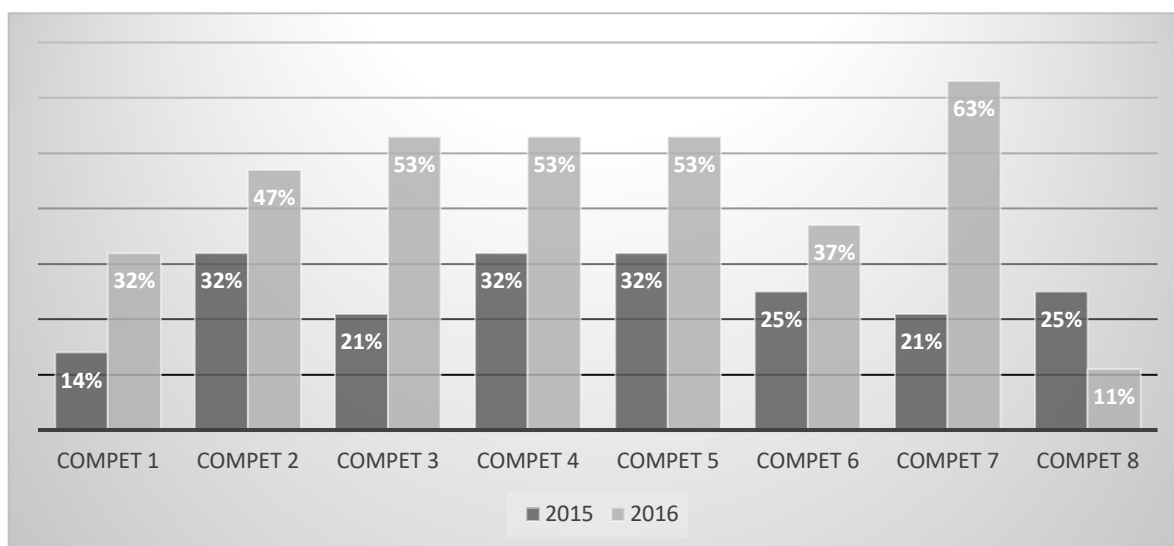


Gráfico 1. Análisis de porcentajes de competencias logradas en ambos grupos

Se advierte que el grupo 2016, que es quien recibió el tratamiento, tuvo un mayor porcentaje de alumnos que alcanzaron las competencias evaluadas, excepto en la competencia número 8, donde el grupo 2015 obtuvo un mejor rendimiento.

En la tabla 1 se comparan los resultados obtenidos en los exámenes correspondientes a las evaluaciones sumativas (grupos 2015 y 2016):

*Tabla 1. Rendimiento en las evaluaciones sumativas*

	Niveles	Grupo control (2015)	Grupo experimental (2016)
Evaluación Sumativa 1	Aprobados	21 % (6/28)	53 % (10/19)
	Desaprobados	79 % (22/28)	47 % (9/19)
Evaluación Sumativa 2	Aprobados	52 % (13/25)	76 % (13/17)
	Desaprobados	48 % (12/25)	24 % (4/17)
Evaluación Sumativa 3	Aprobados	50 % (9/18)	62,5 % (10/16)
	Desaprobados	50 % (9/18)	37,5 % (6/16)

En esta tabla, se observa, que el grupo experimental obtuvo mejores rendimientos en las 3 evaluaciones.

Se puede inferir, a partir de la media de cada grupo, que el fracaso escolar, con una media del 60 % en el año 2015 paso a un 35 % en el año 2016

### ■ Conclusiones

El alcance de los resultados, al momento, se limita a los grupos comparados. En ese contexto, podemos afirmar que la introducción de evaluaciones formativas tuvo una influencia académica positiva en el grupo 2016.

Durante el transcurso del curso, se detectaron cambios actitudinales en los alumnos, no medibles cuantitativamente, sin embargo, muy valiosos en cuanto a su contribución a la calidad del proceso de enseñanza y aprendizaje.

Se estableció un marco para el debate y la reflexión conjunta entre alumnos y docentes. Esto contribuyó a que la comunicación entre pares y con los docentes fuera más fluida, determinando un cambio en las competencias lingüísticas y comunicativas, tanto orales como escritas, de los alumnos.

Los alumnos formaron diferentes grupos de estudio, a partir de hacer explícitas sus dudas y solicitudes al docente. Estos temas de interés común, promovieron la cooperación entre ellos.

También se observó un interés de parte de los alumnos, por saber qué temas se trabajarían la clase siguiente, de manera de poder leerlos de un libro durante la semana previa a la clase. Esto indica un mayor compromiso con la materia y una modificación en la motivación en relación al grupo 2015.

La deserción escolar bajó desde un 37% en 2015 a un 16% en 2016.

A pesar de estas diferencias, no se observaron cambios significativos en la disposición de los alumnos por enlazar temas estudiados en diferentes clases, o para integrar contenidos de manera espontánea.

Se pretende repetir la experiencia con la comisión 2017, utilizando las mismas estrategias y en condiciones similares a la experiencia anterior.

### ■ Referencias bibliográficas

- Álvarez Valdivia, I. (2008). Evaluación del aprendizaje en la universidad: una mirada retrospectiva y prospectiva desde la divulgación científica. *Revista Electrónica de Investigación Psicoeducativa*, 6 (14), 235-272.
- Angelo, T. y Cross, P. (1993). *Classroom Assessment*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Bloom, B., Hastings, J. y Madaus, G. (1971) *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. New York: Mc Graw-Hill.
- Cols, E. B. (2009) *Introducción. La evaluación de los aprendizajes como objeto de estudio y campo de prácticas*. Recuperado el 10 de mayo de 2017 de:  
[http://www.fuentesmemoria.fahce.unlp.edu.ar/art\\_revistas/pr.4079/pr.4079.pdf](http://www.fuentesmemoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.4079/pr.4079.pdf)
- del Puerto, S. y Seminara, S. (2014). Experiencias innovadoras en evaluación. En P. Lestón (Ed.), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* 27, 5-13. México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.
- William, D. (2009) *Una síntesis integradora de la investigación e implicancias para una nueva teoría de la evaluación formativa*. Recuperado el 20 de mayo de 2017 de:  
[http://www.fuentesmemoria.fahce.unlp.edu.ar/art\\_revistas/pr.4080/pr.4080.pdf](http://www.fuentesmemoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.4080/pr.4080.pdf)