

Deep learning as an educational goal in Industrial Chemistry (2019-2022)

Moya, María Angélica, Magister en Ciencias Ambientales , Valles, Eduardo Nadal, Magister en Operaciones ,
Universidad Austral, Argentina, mmoya@austral.edu.ar
Universidad de Mendoza, Argentina, eduardo.valles@um.edu.ar

Abstract– The methodology applied in the course Industrial Chemistry, in the 4th year of the major Industrial Engineering, based on active teaching methods, individual follow up, adjustment of the curriculum to include cases directly related to the local reality, use of various resources and activities to approach the knowledge from diverse angles, and implementation of thinking routines and metacognition, yielded highly satisfactory results for professors and students alike. Authentic assessment strategies aim to reinforce the understanding of the current challenges in engineering, and seek to awaken an intrinsic personal motivation as the source of fulfillment for the achievements and usefulness that learning provides for the professional life. These are all distinctive attributes of deep learning.

Key words: Active Teaching Methods, Cases, Authentic Assessment, Deep Learning.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

El aprendizaje profundo como meta educativa en Química Industrial (2019-2022)

Moya, María Angélica, Magister en Ciencias Ambientales^{ORCID}, Valles, Eduardo Nadal, Magister en Operaciones^{ORCID},
Universidad Austral, Argentina, mmoya@austral.edu.ar
Universidad de Mendoza, Argentina, eduardo.valles@um.edu.ar

Abstract– *La metodología empleada en la asignatura Química Industrial de 4to año Ingeniería Industrial basada en métodos de enseñanza activos, seguimiento personalizado, elaboración propia de la cátedra de casos vinculados directamente con la realidad circundante, empleo de recursos y actividades variadas para cubrir diferentes puertas del conocimiento y aplicación de rutinas de pensamiento de metacognición, permitió alcanzar resultados altamente satisfactorios tanto para los profesores, como para los estudiantes. Las estrategias de evaluación auténtica se orientan a reforzar la comprensión de los desafíos actuales de la ingeniería, procurando despertar una motivación intrínseca personal como fuente de satisfacción de los logros y real utilidad del aprendizaje para el ejercicio profesional, todas estas notas distintivas del aprendizaje profundo.*

Palabras clave: *Métodos de enseñanza activos, Casos, Evaluación auténtica, Aprendizaje profundo.*

I. INTRODUCCIÓN

A. Descripción de la asignatura Química Industrial

La asignatura Química Industrial se dicta en el primer cuatrimestre de cuarto año para alumnos de la carrera Ingeniería Industrial y tiene una carga horaria de 4 horas semanales y examen final obligatorio. Los alumnos cursantes ya cuentan con hábitos de estudio universitario consolidados, algunos, además, se encuentran realizando pasantías laborales.

La cátedra está constituida por tres profesores, todos ingenieros, con diferentes edades y experiencia, tanto académica, pedagógica, como industrial y profesional. Colaboró un Ayudante Diplomado, exalumno quien cursó la asignatura. Se destaca la diversidad etaria, de formación y de experiencias ya que constituye una gran fortaleza del equipo docente.

De acuerdo con los contenidos propios de la asignatura, fundamentalmente, balances de materia y energía, operaciones y procesos unitarios, la cátedra se propone contribuir al desarrollo de cinco competencias genéricas de egreso de Ingeniería, dos tecnológicas y tres sociales, políticas, y actitudinales, a saber.

- Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.
- Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
- Comunicarse con efectividad.
- Aprender en forma continua y autónoma.

B. Marco teórico

El modelo transmisivo de enseñanza hace foco en que el conocimiento es absoluto y acabado, allí el docente es la autoridad de la clase y transmite los conocimientos de manera activa, en tanto el estudiante, es un consumidor pasivo de la información [1].

En contrapartida, el modelo de enseñanza-aprendizaje por indagación se orienta a ver el conocimiento como ideas científicas construidas humanamente, que buscan explicar el funcionamiento del mundo de manera coherente con la realidad empírica, sujeta a cambios y a evolución. Además, a diferencia del otro modelo, aquí el docente, diseña cuidadosamente las actividades que guían a los estudiantes a construir conceptos y desarrollar competencias, participando de manera activa en su propio proceso de aprendizaje, en vinculación con la realidad circundante. La capacidad de involucrarse en este tipo de metodología, conlleva la apropiación de una nueva cultura, donde el foco está puesto en el estudiante, que pasa a ser el actor principal del proceso.

De acuerdo con la taxonomía de Bloom (Fig.1), se observa que se pasa de verbos tales como recordar o entender (que son la base de la taxonomía de Bloom) en el aprendizaje transmisivo, a verbos del estilo de analizar, evaluar y crear, más propios del aprendizaje activo por indagación [2].

Esta transición de un modelo a otro fue un trabajo de muchos años, que implicó un cambio de paradigma y un gran esfuerzo por parte de los docentes, para poder hacer cumbre en la pirámide de Bloom.



Fig. 1 Pirámide de la taxonomía de Bloom

En el 2019 la visión que se propuso la cátedra es la de una educación en que los estudiantes incorporen nuevas lentes, herramientas y capacidades para entender y actuar sobre la realidad, en la que practiquen el disfrute y desarrollen compromiso por el aprendizaje, no solo actual, sino durante toda la vida. Pero para que esto suceda, es necesario que los

estudiantes desarrollen lo que en pedagogía se llama “aprendizaje profundo” [3].

Se han identificado dos grandes deficiencias en cuanto a los resultados en la educación: el conocimiento frágil (los estudiantes no recuerdan, no comprenden o no usan activamente gran parte de lo que supuestamente han aprendido) y el pensamiento pobre (los estudiantes no saben pensar valiéndose de lo que saben). Para superar estos problemas, se busca mejorar la retención, la comprensión y el uso activo del conocimiento. La comprensión desempeña una función central en esta triada. En primer lugar, porque las cosas que se pueden hacer para entender mejor un concepto son las más útiles para recordarlo. Así, buscar pautas en las ideas, encontrar ejemplos propios y relacionar los conceptos nuevos con conocimientos previos, sirven tanto para comprender, como para guardar información en la memoria. En segundo lugar, porque si no hay comprensión es muy difícil usar activamente el conocimiento. ¿Qué se puede hacer con los conocimientos que no se entienden? ¿Cómo se puede saber si un alumno ha alcanzado ese valioso estado de comprensión? La comparación entre conocer y comprender permite captar el carácter misterioso de la comprensión.

Es por ello que en la asignatura se propuso aplicar herramientas para el aprendizaje profundo, procurando que los estudiantes puedan:

- Dar ejemplos concretos de lo que aprendieron.
- Aplicar ese conocimiento para resolver un problema o crear algo nuevo.
- Explicar por qué es importante un tema y establecer relaciones personales.
- Enseñar un conocimiento a otros, porque lo dominan y manejan adecuadamente.

Se identifica el aprendizaje profundo en actividades creativas en las que los estudiantes “van más allá” de la información suministrada. La comprensión consiste en un estado de capacitación para ejercitar tales actividades de comprensión. Además, las diferentes actividades para el aprendizaje profundo requieren distintos tipos de pensamiento. Justificar una ley no es exactamente lo mismo que aplicarla, aunque hay semejanzas en la forma de razonamiento.

La comprensión no es algo “que se da o no se da”, por el contrario, es abierta y gradual. Esta perspectiva, permite esclarecer la meta de la pedagogía de la comprensión y capacitar a los alumnos para que realicen una variedad de actividades de comprensión vinculadas con el contenido que están aprendiendo. El aprendizaje profundo es una consecuencia del pensamiento, todas las actividades de comprensión, tales como explicar, encontrar nuevos ejemplos, generalizar, etc., requieren pensar. Por lo tanto, si se desea que los alumnos entiendan, se les debe enseñar actividades de comprensión, brindar información clara, práctica y reflexiva, una retroalimentación informativa y estímulo apropiado.

C. Objetivo

El objetivo de este trabajo es presentar las modificaciones progresivas realizadas en los últimos cuatro años, de 2019 a 2022, en la asignatura Química Industrial de 4to año Ingeniería Industrial, orientadas a la mejora de la enseñanza y aprendizaje de los estudiantes y analizar los resultados obtenidos.

II. MÉTODOS

Antes de 2019, es decir, pre-pandemia, la metodología de enseñanza aprendizaje predominante era el modelo transmisivo donde los alumnos eran receptores de la información que los profesores proporcionaban para luego, aplicar los conceptos aprendidos a problemas de razonamiento.

Ese mismo año, se incorporó la metodología de enseñanza basada en casos de estudio elaborados por la cátedra a resolver en equipo, diseñados con preguntas cerradas y abiertas. Allí los estudiantes deben aplicar los conceptos a situaciones concretas de la industria y, además, abordar nuevas realidades que exceden los contenidos propios de la asignatura. De esta manera, se procura fomentar un aprendizaje activo y participativo, desarrollando el pensamiento analítico y crítico con investigación de temas de actualidad de la ingeniería. El modo de trabajo en equipo busca favorecer la creatividad y el aprendizaje colaborativo, permitiendo complementar las fortalezas de cada miembro y así aumentar la eficiencia y productividad, ayudando al mismo tiempo, a desarrollar cualidades de liderazgo y de comunicación efectiva, muy necesarias para el futuro profesional.

Durante el año 2020, la pandemia de COVID-19 obligó a readaptar sorpresivamente la metodología de las clases. Ese año, se aplicaron principios *lean* y métodos ágiles, adoptando un método de enseñanza mixto (blended learning) que combina actividades sincrónicas (Zoom) y actividades asincrónicas (Moodle). El primer cambio significativo fue adoptar un esquema informativo para cada clase en el Campus Virtual con mayor nivel de detalle. Se incluyeron una introducción, los objetivos, junto con los resultados de aprendizaje esperados y un breve resumen del temario. Esta explicitación escrita ayudó a focalizar y jerarquizar la importancia de los temas.

A continuación, se explican los tres momentos bien diferenciados de cada clase [4]:

Primera parte: asincrónica autónoma caracterizada por actividades a realizar antes de clase. En ella, a partir de videos explicativos o breves textos de los temas clave, se busca presentar el contenido a través de relatos que despierten la curiosidad e interés de los alumnos. Asociando los mismos a distintas rutinas de pensamiento [5], se conectan con las ideas previas de los estudiantes.

Segunda parte: sincrónica en la cual se refuerza la teoría y se priorizan sus aplicaciones concretas y prácticas. El objetivo es conseguir llegar a los alumnos, con otra de las puertas de

entrada del conocimiento, lógico-cuantitativo. Consiste en desarrollar el tema a través de relaciones numéricas o procesos de razonamientos deductivos. Como cierre de esta parte de la clase, los estudiantes realizan un cuestionario formativo de autoevaluación individual de opción múltiple con devolución.

Tercera parte: asincrónica de profundización y resolución de problemas en equipo con documentos guía y foro de consultas para asistencia.

Manteniendo la enseñanza por casos del 2019, se incorporó a ellos una rúbrica con las expectativas de logro y los criterios de evaluación. Se realizaron Evaluaciones entre Pares y Autoevaluaciones de los casos utilizando una resolución de referencia de la cátedra. A cada equipo se le hizo una devolución detallada, destacando los puntos fuertes e indicando las oportunidades de mejora y el modo de concretarlas.

También se realizó una visita por Zoom a un Laboratorio de Tribología “en vivo” dirigida y explicada por sus directores Ejecutivo y de Innovación. El gran valor aportado no sólo fue la recorrida de las instalaciones y las explicaciones sobre los distintos ensayos y su aplicación al Mantenimiento Predictivo, sino, además, poder conocer de primera mano la adaptación real del trabajo de una organización que desarrolla actividades esenciales para cumplir con los protocolos sanitarios de habilitación en tiempos de la pandemia.

El mismo enfoque dual, teórico-práctico, e individual-equipo, desarrollado a lo largo de las diferentes actividades de la asignatura, se utilizó para los exámenes. Cada examen parcial estuvo constituido por dos partes, una individual (cuestionario teórico-práctico por campus virtual) y la segunda, en equipo, un caso de resolución con preguntas abiertas de investigación a justificar y preguntas cerradas de cálculo analítico. Los exámenes finales se tomaron con esta misma modalidad.

Durante el 2021, se realizaron las mismas actividades, pero se cambió la metodología de evaluación. Durante ese año, se tomaron 2 parciales, que consistían en un examen individual (cuestionario teórico-práctico por campus virtual, igual que en 2020) y examen de un caso a resolver en forma individual (diferencia respecto al 2020).

Los alumnos que regularizaron la asignatura (aprobación de cursada) y rendían y aprobaban el examen final, realizaron un ejercicio para identificar las habilidades que habían desarrollado durante sus aprendizajes a lo largo del cuatrimestre. Es decir, se incorporó una nueva estrategia, la metacognición, para que los mismos estudiantes, pudieran pensar sobre su propio proceso de pensamiento y aprendizaje.

Con los cambios introducidos ese año, se evaluaron con más profundidad las competencias de aprendizaje de contenido conceptual, así como habilidades tecnológicas que requiere un ingeniero. Al mismo tiempo, se mantuvo la evaluación de las habilidades sociales, tales como trabajo en equipo, comunicación efectiva, autoaprendizaje y gestión, tal como se comenzó en 2019 al introducir los casos.

Durante el año 2022, retomando la presencialidad plena, se siguió aplicando esta metodología de enseñanza-aprendizaje, pero a su vez, se reforzaron algunos puntos en concreto. En ese año, se hizo más foco en el proceso de metacognición de los alumnos, incorporando su aplicación a los casos a resolver en equipo durante la cursada de la asignatura.

A continuación, se detalla la metodología empleada en los casos, cada etapa separada una semana entre sí, a saber:

- Entrega de la resolución en equipo del caso respetando pautas formales (informe técnico). Los estudiantes deben poner en juego, además del conocimiento técnico propio del caso, habilidades blandas de comunicación oral y escrita, de organización, de asunción de roles, de cumplimiento de tiempos y requisitos formales, etc.
- Autocorrección en equipo para el primer caso y corrección en equipo entre pares para el segundo caso, según rúbrica que indica las expectativas de logro y resolución de referencia elaborada por la cátedra.

En 2022, se incorporó una tercera etapa del caso que consistió en:

- Autoevaluación individual de aprendizajes e identificación personal de oportunidades de mejora, de acuerdo con una rutina de pensamiento
 - ¿Qué he aprendido?
 - ¿Qué pasos he dado?
 - ¿Cómo me ha resultado?
 - ¿Para qué me ha servido?
 - ¿En qué otras ocasiones puedo usarlo?

También se destaca que durante el año 2022 se retomaron las visitas presenciales a planta, las actividades de laboratorio con obtención de muestras de aceites de motores de combustión interna por parte de los estudiantes y la participación en clase de un experto internacional en tribología, para vincular los resultados obtenidos por los alumnos en el laboratorio, con el Mantenimiento Predictivo aplicado a la gestión de activos.

Todas estas actividades procuran potenciar la enseñanza a partir de distintos puntos de entrada, tomando en cuenta el concepto de inteligencias múltiples [6]. Ser conscientes de estas diferentes “puertas”, reforzó la conveniencia de presentar los conocimientos y habilidades nuevos de distintas maneras, y de emplear diferentes actividades para llegar a todos los estudiantes y así, profundizar la comprensión (Fig. 2).

Se utilizaron diferentes materiales y actividades para cubrir cinco de las diferentes puertas del conocimiento (narrativo, estético, lógico-cuantitativo, experiencial y socio-cooperativo) y así potenciar a cada uno.



Fig. 2 Puertas de entrada al conocimiento

Los textos se alinean con la puerta “narrativa”, los videos con la puerta “estética”, dado el poder de síntesis que presentan las imágenes.

A través de relaciones numéricas o procesos de razonamiento deductivos, se hace foco en la puerta del conocimiento lógico matemático.

Trabajando en equipo, los alumnos resolvieron dos casos industriales, lo que refuerza, otro de los puntos de entrada del conocimiento, la socio-cooperativo.

Finalmente, podemos decir, que las visitas a plantas y los análisis de laboratorio, desarrollan la puerta de entrada experiencial que colocan al alumno ante diversas situaciones de estudio y trabajo similares a las que puede encontrar en la práctica de su profesión.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Analizando el proceso y los resultados cualitativos obtenidos en el trabajo en equipo con los dos casos de complejidad creciente, se señalan las siguientes notas distintivas:

- **Sentido retador:** la amplia mayoría de los estudiantes encuentran los casos desafiantes, porque implicaron búsqueda de información y comprensión personal de nuevos procesos, interesantes por su vinculación directa con la realidad, y novedosos para su formación, porque debieron organizar el trabajo dentro del equipo asignado, cumpliendo las pautas de presentación formal brindadas. También se destaca la capacidad de adaptación y flexibilidad para coordinar tiempos de trabajo en común.

- **Valor de la colaboración:** la principal habilidad social puesta en juego es el trabajo en equipo. Los estudiantes destacan la comunicación efectiva y las reuniones periódicas de avance, la distribución de tareas, la discusión de diferentes puntos de vista para consensuar las respuestas de un modo profundo. Ha habido un real apoyo y aprendizaje colaborativo entre pares, como así también, se observa en cada año una mejora progresiva del trabajo en equipo del caso 1 al caso 2.

- **Retroalimentación sobre el desempeño:** la rúbrica con las expectativas de logro y la resolución de referencia elaborada por la cátedra, orientan la corrección de los propios

estudiantes, amplían las miradas y brindan criterios claros para su justificación. La devolución por equipo, destacando fortalezas y oportunidades de mejora, constituye otra mirada que permite enriquecer el proceso.

- **Carácter formativo continuo:** los estudiantes destacan aprendizajes que exceden a los contenidos propios de la asignatura, tales como, la capacidad de investigación, la elaboración de conclusiones, el uso de citas y referencias en un informe según normas, la importancia de la organización y planificación, etc.

- **Transferencia de conocimientos a la práctica:** los casos trabajados se vinculan con cuestiones de actualidad, permiten la interrelación de los conocimientos y la investigación de nuevas realidades, tales como, los objetivos de desarrollo sostenible 2015, *commodities*, economía circular, etc. Se fomenta el pensamiento crítico y la valoración de los aprendizajes, lo nuevo adquiere sentido, pertinencia y se visualiza su importancia.

- **Procesos metacognitivos:** los procesos de auto-monitoreo y auto-evaluación realizados en la corrección y en la rutina de reflexión de los aprendizajes al finalizar cada caso y al aprobar el final de la asignatura, propician el reconocimiento de fortalezas y habilidades y al mismo tiempo, áreas de oportunidad de mejora personal, fomentado la autorregulación de aprendizajes [7]

El modo de trabajo y de evaluación desarrollados con el trabajo de casos en equipo se encuadran en la llamada evaluación auténtica [8].

La Tabla I muestra el desempeño académico cuantitativo sumativo de los estudiantes en últimos 5 años. Se aclara que las notas se expresan sobre 10 y que la nota mínima de aprobación es 4. La cátedra mantuvo siempre su nivel de exigencia, por tanto, las comparaciones resultan pertinentes. Se incluyen los resultados del año 2018 como año de base, previo a la introducción de las mejoras, a modo de referencia.

TABLA I
DESEMPEÑO ACADÉMICO 2018, 2019, 2020, 2021 Y 2022

	AÑO				
	2018	2019	2020	2021	2022
Número de alumnos cursantes	48	70	66	42	44
Rinde recuperatorio	56%	28%	7,5%	28%	34%
Aprueba cursada	94%	98%	98%	100%	95%
Nota media cursada	6,5	6	7,5	7,4	7,7
Rinde final julio	15%	36%	85%	90%	82%
Aprueba final julio	57%	96%	91%	100%	72%
Nota media aprobación final	6,2	8,5	7	7,6	7,2

Las tres principales observaciones que se destacan de los resultados del año base 2018 son las siguientes:

- la gran mayoría de los alumnos, más de la mitad (56%) debieron recuperar algún examen parcial.
- muy pocos alumnos, sólo el 15% rindieron el examen final inmediatamente al terminar de cursar en julio.

- de los alumnos que rindieron examen final en julio, el porcentaje de aprobación no fue alto (57%), como así tampoco la nota media de aprobación (6,2).

Comparando los resultados del año 2019 con el anterior, se menciona algunos cambios favorables:

- disminuyó el número de alumnos que debieron recuperar exámenes parciales (pasó de 56% a 28%)
- aumento el número de alumnos (pasó de 15% a 36%) que rindieron el examen final inmediatamente en el primer turno de exámenes en julio.
- dada la nota media alta (8,5) y el alto porcentaje de aprobación del examen final (94%), se infiere que sólo rindieron quienes tuvieron desempeño sobresaliente en la asignatura.

Los resultados obtenidos en los tres años siguientes, de 2020 a 2022, pueden ser analizados en conjunto ya que muestran patrones similares, a saber:

- el porcentaje de alumnos que debieron rendir examen recuperatorio se mantuvo acotado entre 7,5 % y 34% y no alcanzó el valor del año base (56%).
- buenas notas medias de cursada (valores entre 7,4 y 7,7)
- elevado porcentaje de alumnos que rindieron examen final en julio (82% a 90%)
- elevado porcentaje de aprobación de dicho examen final (72% a 100%)
- buena nota obtenida en el examen final aprobado en julio (7 a 7,6)

Se evidencia que la incorporación de las estrategias de enseñanza aprendizaje descriptas, sumadas al apoyo y acompañamiento brindado durante la cursada, permitió a los estudiantes afianzar el dominio de la asignatura y posibilitó a la gran mayoría de ellos, rendir el examen final de un modo satisfactorio inmediatamente al terminar Química Industrial. Para una carrera exigente como Ingeniería Industrial, y en esta asignatura en particular, que es muy completa por sus actividades y desafiante por sus metodologías, cursar y rendir satisfactoriamente en el primer llamado es el objetivo deseable para todos los estudiantes.

La “Encuesta fin de materia” la responden todos los alumnos en forma obligatoria al terminar de cursar la asignatura y comprende dos secciones, una de respuestas cerradas y otra, de respuestas abiertas a comentarios generales. En la Tabla II se muestran los resultados numéricos de la parte cerrada, donde cada ítem se evalúa con una escala de 1 (peor) a 5 (mejor). Se incluyen los resultados del año 2018 a modo de referencia de año base.

Analizando en conjunto los 5 años, se desprende de la Tabla II que la satisfacción general de los alumnos aumentó con respecto al 2018 y en cada uno de los aspectos evaluados sin excepción. Todos ellos se vinculan directamente con las acciones realizadas para adaptar el dictado a las nuevas tecnologías, para incluir temas de actualidad, para promover la reflexión personal, haciendo foco no sólo en los conocimientos

y habilidades sino, fundamentalmente, en lo que los alumnos son capaces de hacer en un contexto dado con lo aprendido.

TABLA II
RESULTADOS NUMÉRICOS ENCUESTAS 2018, 2019, 2020, 2021 Y 2022

	AÑO				
	2018	2019	2020	2021	2022
PROMEDIO GENERAL	3,73	3,71	4,13	4,41	4,15
Profundidad del dictado	3,94	3,84	4,32	4,39	4,22
Estructura y organización general	3,90	3,88	4,29	4,36	4,24
Prácticas de Laboratorio	3,57	3,54	4,00	4,5	4,0
Material de apoyo (didáctico y tecnológico)	3,54	3,85	4,29	4,49	4,16
Nivel de exigencia	3,59	3,44	3,90	4,30	4,04

Los comentarios más generalizados de los alumnos en la parte de la encuesta de preguntas abiertas son de valoración y agradecimiento por el apoyo, seguimiento y ayuda brindados por la cátedra. Valoran el material de apoyo y los videos previos, que, sumados a las clases, permiten una real comprensión de los temas. Como aspectos a mejorar, en algunos casos, remarcan que el tiempo de estudio y preparación que la asignatura exige fuera de clase, es excesivo.

A continuación, se presenta una selección representativa de reflexiones 2021 textuales de los alumnos sobre lo aprendido y la proyección para su formación como ingeniero industrial. Estas respuestas provienen de la rutina de metacognición:

- *Aprendí, o bien mejore mis habilidades de trabajo en equipo al haber tenido que resolver los distintos casos y ejercicios con un grupo el cual no estoy acostumbrado a hacerlo por lo que debí comunicarme efectivamente y llegar a los acuerdos correspondientes. Por otro lado, aprendí a elaborar buenos diagramas utilizando las herramientas correspondientes, así como también armar reportes para entregar trabajos adecuadamente. Agregar como una obviedad los distintos temas que nos fueron enseñados incorporando aplicaciones prácticas que son de gran utilidad para comprender la teoría en su totalidad.*
- *Siento que lo aprendí a través de los parciales más que nada. En mi caso personal desaprobamos el primer parcial lo cual nos sorprendió, y de esta manera cambiamos la forma en trabajar en grupos y eventualmente nos cambió no solo la nota, sino también la manera de interactuar.*
- *En cuanto a la tecnología, me sirvió que las entregas sean en Word y no en papel debido a que aprendí herramientas nuevas y también fortalecí las que*

capaz no usaba seguido. También, el modo de acceder a la información y de buscar.

- *Me sirve para entender más varios conceptos relacionados con la ingeniería y para saber pensar y razonar los problemas que se dan en diferentes situaciones de un modo distinto.*

Se agrega una selección representativa de aportes de estudiantes del año 2022:

- *Me llevo la capacidad aprender por mí mismo por medio de la investigación personal, más allá del contenido concreto, me llevo el proceso de integración del conocimiento y la interpretación criteriosa de la misma”*
- *Me llevo una metodología, para reunir, comunicar, planificar y analizar un caso en conjunto con un grupo de personas”.*
- *Puedo implementarlo directamente en la vida laboral, constantemente hay que trabajar en equipo, discutir ideas y coordinar trabajos”.*

Lo expuesto permite validar que el trabajo realizado durante estos 4 años, no sólo ha sido un reto para los profesores de la cátedra, sino que, a través de la innovación de las clases, los estudiantes han incorporado a sus mochilas de aprendizajes tanto nuevos conceptos y procesos de razonamiento, como en habilidades blandas, tan demandadas en el mundo profesional de hoy.

IV. CONCLUSIONES

A lo largo del periodo estudiado, se observaron las siguientes mejoras implementadas con resultados favorables:

Con respecto a la metodología general;

- Organización eficiente del material del campus virtual, señalando los resultados de aprendizaje esperados, utilizando rúbricas como instrumentos guía, foros y clases de consulta según necesidades.
- Evaluaciones formativas individuales con devolución y resolución, que permitió apoyar a los alumnos que presentaban dificultades.
- Utilización de diferentes materiales y actividades para cubrir cinco de las diferentes puertas del conocimiento (narrativo, estético, lógico-cuantitativo, experiencial y socio-cooperativo) y así potenciar a cada uno.
- Vinculación de todos los temas de la asignatura con la realidad del trabajo, como medio de reforzar su importancia y valorizar la capacidad de aprender a aprender en el ingeniero.
- Aprovechamiento de los horarios de consultas más flexibles, presencial y por foros asincrónicos.
- Resolución de casos abiertos en equipo, que favorece que el alumno aprenda haciendo, y así, aprenda a aprender nutriéndose según necesidad de la realidad.
- Incorporación de rúbricas que brindan a los estudiantes la oportunidad de emplear nuevas

estrategias para identificar las partes donde hacer foco, según el resultado de aprendizaje previsto.

- Incorporación de rutinas de metacognición, los alumnos desarrollan habilidades de pensar sobre el pensamiento, lo que permite reflexionar sobre el proceso que han ido realizando, los resultados obtenidos y de las acciones personales de mejora necesarias a implementar.

Con respecto a la metodología de la dinámica del uso de casos:

- La información se presenta contextualizada en casos reales, secuenciada y organizada con un nivel de exigencia creciente del caso 1 al caso 2 (centrado en el conocimiento).
- El contenido hace referencia a los conocimientos previos, tales como conceptos de estequiometría, balances y reacciones químicas (*Química I y Química II*) y es relevante en la vida de los estudiantes, abarca situaciones de la vida diaria, vinculadas con dimensiones del desarrollo sostenible y desafíos actuales (centrado en el estudiante).
- Se crean oportunidades para la retroalimentación formativa a partir de autoevaluaciones por clase, autocorrección y corrección entre pares y devolución de los profesores. Los estudiantes se benefician al comprobar su propia comprensión y al reflexionar sobre sus propios aprendizajes (centrado en la evaluación).
- Se crea un ambiente que permite aprender de manera colaborativa, que facilita y enriquece el proceso, permitiendo, al mismo tiempo, el desarrollo de habilidades sociales, de comunicación efectiva, tanto orales como escritas (centrado en la comunidad).

A modo de comentario final se remarca que la metodología empleada basada en métodos de enseñanza activos, en el seguimiento personalizado a los alumnos y en la elaboración de material propio de casos reales conlleva una mayor carga de trabajo para los profesores. Aunque aún deben ajustarse la priorización y selección de contenidos y actividades para no sobrecargar las clases ni las exigencias de tiempo fuera de ellas, se considera que los resultados alcanzados son altamente satisfactorios y motivantes, tanto para los profesores, como para los propios estudiantes.

Las estrategias aplicadas se orientan a reforzar la comprensión de realidad circundante y de los desafíos actuales de la ingeniería, procurando despertar una motivación intrínseca personal, como fuente de satisfacción de los logros y real utilidad del aprendizaje para el ejercicio profesional, todas estas notas distintivas del aprendizaje profundo. El desafío de la educación superior es formar personas preparadas en un sentido integral, habituadas al aprendizaje continuo y colaborativo, capaces, a partir de datos, de producir conocimiento útil accionable para dar respuesta adecuada a las demandas y problemas de la sociedad del siglo XXI.

V. REFERENCIAS

- [1] Furman, M. y Podestá, M.E. (2009). *La Aventura de enseñar Ciencias Naturales*. Capítulo 1: La ciencia como producto y como proceso. Argentina. Editorial Aique.
- [2] Díaz Barriga, F. y Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista* (2ª ed.). México: McGraw Hill.
- [3] Furman, M. (2021). *El aprendizaje profundo como meta educativa*. Capítulo 2: Taxonomía de Bloom. Argentina. Editorial Siglo Veintiuno.
- [4] Valles E, Moya, M.A. (2022). *La evaluación auténtica como puente entre la enseñanza y el aprendizaje con casos*. XV° Congreso Internacional de Ingeniería Industrial (COINI). Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP), Argentina, 10 al 12/11/2022. [En prensa]
- [5] Richard, R. et al (2014). *Hacer visible el pensamiento*. Editorial Paidós.
- [6] Gardner, H. (2014). *Inteligencias múltiples: la teoría en la práctica*. 1ra edición. Editorial Paidós. Barcelona. España. 21 - 65.
- [7] Anijovch R. y Gonzalez C. (2011). *Evaluar para aprender*. Capítulo 1: El círculo virtuoso de la retroalimentación. Argentina. Editorial Aique.
- [8] Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey (2016). *Aprendizaje basado en retos*. Edu Trends febrero 2016.