

# Articulación de espacios curriculares para el desarrollo de competencias en la enseñanza de Ingeniería Química

Mariela N. Derka, Carina Fernández, Gabriel A. Bedogni & Nora B. Okulik

Universidad Nacional del Chaco Austral. Departamento de Ciencias Básicas y Aplicadas. Carrera de Ingeniería Química. Pcia. Roque Sáenz Peña, Chaco. Argentina. [mderka@uncaus.edu.ar](mailto:mderka@uncaus.edu.ar), [gabriel@uncaus.edu.ar](mailto:gabriel@uncaus.edu.ar), [carinafernandez@uncaus.edu.ar](mailto:carinafernandez@uncaus.edu.ar), [nora@uncaus.edu.ar](mailto:nora@uncaus.edu.ar)

**Resumen**— La formación de los futuros ingenieros desde un enfoque por competencias es un tema ya instalado desde hace décadas. Si bien existe una profusa bibliografía, son pocos los casos en los que se describe de manera exhaustiva el modo en que se pone en práctica el modelo. En este trabajo se describe el proceso de implementación del desarrollo de competencias articuladas con el desarrollo de capacidades y habilidades desde etapas tempranas del Plan de Estudios de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Chaco Austral.

**Palabras Clave**— educación en ingeniería; competencias en ingeniería; competencias específicas.

Recibido: 10 de diciembre de 2019. Revisado: 30 de enero de 2020. Aceptado: 13 de febrero de 2020.

## Articulation in curricular contents to competencies development in chemical engineering education

**Abstract**— The competency approach in training of future engineers is a subject already installed in higher education institutions. While a profuse bibliography exists, the way in which the model is put into practice is exhaustively described in a few cases. This paper describes the implementing the development of competences articulated with the early development of skills and abilities in the Chemical Engineering Career Program at the Universidad Nacional del Chaco Austral.

**Keywords**— engineering education; engineering competencies; specific skills.

### 1. Introducción

La necesidad de poder demostrar, de manera cuantificable, las competencias que desarrollan los graduados durante su experiencia de aprendizaje requiere de cambios profundos para permitir el proceso contemple una compleja interacción entre conocimientos, habilidades y actitudes. En ingeniería las respuestas a estas exigencias muestran un lento progreso ya que coexisten dos paradigmas: el tradicional (Deductivo), que ha dominado la enseñanza de la ingeniería en el último siglo, y el emergente (Integrado), que pretende dar cuenta de estos cambios. En el primer caso predomina la enseñanza por transmisión de conocimientos, se va desde los fundamentos a las aplicaciones y recién al final de la formación se incluyen problemas reales relacionados con el ejercicio de la profesión. En contraste, el paradigma emergente contempla la enseñanza de los fundamentos en el contexto de problemas y proyectos desde la temprana formación del ingeniero [1] y posibilita el

desarrollo de competencias. La tensión entre estas dos aproximaciones para la enseñanza y el aprendizaje se refleja en diversos aspectos curriculares en cada institución y, de algún modo, determina métodos de enseñanza y de evaluación.

En línea con los avances en la región, en Argentina la discusión sobre el cambio de paradigma en la educación en ingeniería y su impacto en los estándares de acreditación ha producido importantes avances [2-4] que han influido de manera favorable en la búsqueda de transformación en la enseñanza de la ingeniería a nivel institucional. En la carrera de Ingeniería Química de la UNCAUS hemos acompañado el proceso de transición del paradigma tradicional al modelo centrado en el estudiante realizando diversas contribuciones en la aplicación de metodologías y estrategias de enseñanza que promuevan más el desarrollo de capacidades y habilidades que la mera acumulación de conocimientos [5-7]. En este trabajo se presenta una propuesta de articulación de contenidos para la incorporación paulatina de actividades que promuevan el desarrollo de las competencias requeridas para el ingeniero argentino [2]. Basada en la experiencia áulica, la propuesta recorre tres asignaturas del Plan de Estudios de la carrera.

### 2. La intervención docente en el desarrollo de una competencia específica

Los contenidos a aprender se organizan y estructuran a través del conjunto de acciones que define el docente al impartir sus clases y para lo cual vincula temas y subtemas con el fin de acomodar los contenidos y habilidades por aprender según un orden lógico y pedagógico. En este proceso se analizan las jerarquías de los conocimientos y se identifican las relaciones que guardan entre sí. Luego, las actividades propuestas al alumno están dirigidas a posibilitar la interrelación de contenidos, favoreciendo su comprensión significativa y su apropiada aplicación.

Por otra parte, desde etapas tempranas de la formación se debe poner énfasis en lo que es la tarea central de un ingeniero [8] y para ello el desarrollo de una competencia debe articular, indisolublemente, la teoría y la práctica [9] promoviendo la integración del dominio conceptual y los procedimientos para poder transferirlos de manera efectiva al contexto de la profesión.

**Cómo citar este artículo:** Derka, M.N., Fernández, C., Bedogni, G.A. and Okulik, N.B., Articulación de espacios curriculares para el desarrollo de competencias en la enseñanza de Ingeniería Química. Educación en Ingeniería, 15(29), pp. 66-72, Agosto 2019 - Febrero 2020.

Desde esa perspectiva se considera que en la formación del alumno hay, al menos, cuatro niveles: un nivel básico (Nivel 1) de adquisición de contenidos y habilidades disciplinares, dos niveles intermedios de complejidad creciente destinados al desarrollo de capacidades relacionadas con las disciplinas estudiadas (Nivel 2) y a la profundización del conocimiento y el desarrollo de capacidades complejas (Nivel 3) y un nivel de integración (Nivel 4) destinado al desarrollo de las competencias requeridas asociadas a las Actividades Reservadas de su profesión [10]. En este trabajo se describen las acciones desarrolladas para el desarrollo de la competencia específica 1.1 definida para la carrera de Ingeniería Química [11]. Para resolver una situación problemática en una asignatura perteneciente al Nivel 3 (Ingeniería de las Reacciones Químicas, IRQui) los alumnos deben recurrir a contenidos aprendidos y capacidades desarrolladas en otras asignaturas pertenecientes al Nivel 2 (Fisicoquímica, FQ) y al Nivel 1 (Química General, QG). Para favorecer este proceso el docente de IRQui articula actividades y contenidos con los docentes de estas asignaturas y, como resultado, en cada una se planifica la tarea según la siguiente secuencia, adaptada al nivel correspondiente:

Fase 1: Identificación de las capacidades/habilidades que se pretende que los estudiantes desarrollen,

Fase 2: Determinación de los resultados de aprendizaje esperados,

Fase 3: Selección de la metodología necesaria para proveer una práctica intensa en el desarrollo de las habilidades a través de actividades cuidadosamente estructuradas,

Fase 4: Monitoreo de los avances a través de las producciones de los alumnos, valorando tanto los resultados como el proceso. Evaluación utilizando instrumentos apropiados para valorar los resultados de aprendizaje. Cabe aclarar que el tipo de evaluación que aquí se describe corresponde a la evaluación en proceso, que complementa la evaluación sumativa.

### 3. Descripción de la actividad global

El tema elegido para el desarrollo de las actividades de articulación es Diseño de reactores de Flujo en Mezcla Perfecta en la asignatura IRQui (Nivel 3). Los alumnos deben recurrir a conceptos aprendidos y capacidades desarrolladas en Fisicoquímica (Nivel 2) y Química General (QG) y los contenidos centrales que vinculan las tres asignaturas son: equilibrio de reacciones, velocidad de reacción y reactores químicos.

#### 3.1. Nivel 1: química general

El punto inicial de la articulación se ubica en la asignatura Química General, ubicada en el primer cuatrimestre de primer año de la carrera y en la que los alumnos comienzan a familiarizarse con los conceptos de equilibrio. Los docentes planifican las actividades en vinculación directa con FQ, gracias a la permanente interacción entre ellos. A continuación se muestra uno de los problemas que los alumnos deben resolver:

*En un recipiente de 10 litros se introduce una mezcla*

*que contiene 112g de nitrógeno (g) y 12g de hidrógeno (g), estableciéndose el equilibrio de la reacción, se observa que hay 0,92 moles de amoníaco(g) a 500°C.*

*a) ¿Qué concentración de reactivos hay en el equilibrio?*

*b) El equilibrio, ¿está desplazado hacia los reactivos o hacia los productos?*

*Considerando que la formación de amoníaco es una reacción exotérmica, ¿qué efecto tendría la variación de la temperatura sobre la velocidad de reacción?*

La secuencia de aprendizaje en este nivel comprende:

Fase 1: se busca que el alumno logre reforzar la capacidad para aplicar los conocimientos adquiridos y las habilidades relacionadas con las funciones ejecutivas (dominio de conceptos de matemática y de química, razonamiento, análisis e interpretación de datos, secuencia lógica de un procedimiento, establecimiento de relaciones numéricas con rapidez y precisión, uso del pensamiento lógico-matemático al utilizar pasos/etapas/ procesos que llevan a un resultado determinado, interpretación de tablas y gráficos, etc.).

Fase 2: se espera que el alumno sea capaz de analizar situaciones complejas donde la solución no es tan evidente, para lo cual debe reunir datos diversos para encontrar la solución e identificar situaciones en las que los datos no aparecen tal como deben usarse en las expresiones matemáticas que conoce, por lo que es necesario realizar modificaciones previas (escribir y balancear la reacción, expresar cantidades en moles, referir todo a 1 litro para poder calcular concentraciones molares, aplicar adecuadamente la expresión de la constante, etc.).

Fase 3: los contenidos conceptuales y los procedimientos asociados a ellos se presentan en una clase expositiva que se complementa con la resolución de ejercicios/problemas de aplicación para señalar procedimientos (por ejemplo, inducir al alumno a efectuar una lectura del ejercicio/problema en forma pausada para que pueda comprender lo que se solicita, relacionarlo con sus saberes previos, etc.) También Estos se realizan ejercicios/problemas con apoyo de clases tutoriales para favorecer la interacción del alumno con el docente y durante las cuales es posible constatar los avances en el desarrollo de capacidades.

Fase 4: si bien se realiza un seguimiento de los alumnos durante la resolución del ejercicio/problema, dado que el grupo en general es numeroso, la evaluación de los resultados de aprendizaje se realiza observando (a través de una guía) su desempeño fundamentalmente en las clases tutoriales. El seguimiento del trabajo de los alumnos se completa con la resolución individual de un ejercicio/problema. Con estos instrumentos se trata de constatar el manejo de contenidos (estequiometría, expresiones de concentración de soluciones, expresión de la constante de equilibrio) y el despliegue de habilidades (escritura correcta de fórmulas químicas, uso de la simbología, conversión de unidades, reconocimiento de información explícita e implícita, reflexión sobre los resultados obtenidos, etc.

#### 3.2. Nivel 2: fisicoquímica

La planificación conjunta de los docentes de las tres asignaturas define las actividades a realizar en FQ ya que aquí

los alumnos deben poner en juego los conocimientos y capacidades desarrolladas previamente y que, integrados a los nuevos contenidos, se vinculen con los de IRQui. A modo de ejemplo, se describe la secuencia de resolución del siguiente problema:

*Un alumno de ingeniería se encuentra realizando su práctica profesional en una fábrica de elaboración de margarinas, y su tutor le pide que en el informe final describa la relación entre velocidad de reacción y la concentración. Para ello, el alumno decide evaluar la reacción de isomerización cis-M a trans-M, la más importante de la planta. El alumno estudia la cinética de la reacción a escala de laboratorio, fijando la temperatura del reactor en 726 K, y una vez alcanzado el equilibrio, arma con sus datos la tabla que se muestra a continuación, donde t representa el tiempo de reacción y Z el porcentaje molar de isómero trans en la muestra analizada (Tabla1):*

*En función del enunciado, responder las siguientes cuestiones:*

- 1) *¿a qué hace referencia la expresión “estudia la cinética de la reacción”?*
  - 2) *Liste los pasos mínimos con los que debe contar un estudio cinético.*
  - 3) *¿Por qué cree usted que se indica que el estudio se hace a escala de laboratorio?*
  - 4) *La reacción estudiada ¿es reversible o irreversible? ¿Cómo puede afirmarlo? ¿Cree usted que habría cambios en los cálculos si no se identifica la reversibilidad o irreversibilidad?*
  - 5) *Indique cuál es el sistema estudiado. ¿se trata de un sistema en estado estacionario o no estacionario?*
  - 6) *¿Cómo cree usted que el alumno del enunciado se dio cuenta de que la reacción alcanzó el equilibrio?*
  - 7) *¿Cómo procedería usted para encontrar la relación entre la velocidad de la reacción y la concentración de las especies presentes? Indique los pasos a seguir y si espera encontrar un valor instantáneo o promedio.*
  - 8) *Demuestre con cálculos el valor de dicha relación.*
  - 9) *¿Es importante conocer el valor de la relación velocidad-concentración? ¿Por qué?*
- ¿Cómo procedería usted para evaluar esta reacción a una temperatura diferente?*

Fase 1: se pretende que el alumno comience a familiarizarse con situaciones problemáticas, y que, a la vez, sea capaz de identificar y organizar los datos pertinentes a un problema, considerando diversos aspectos, entre ellos el contexto y su inclusión en el análisis. También se pretende fomentar el pensamiento crítico ya que es el estudiante quien propone la manera de resolver las cuestiones planteadas en el enunciado (pregunta 7), previo análisis de las soluciones posibles.

Tabla 1  
Porcentaje molar en función del tiempo

t (s)	0	45	90	225	270	675	$\infty$
Z (%)	0	10	18,9	37,7	41,8	62,8	70

Fuente: Adaptado de [12]

Fase 2: se espera que el alumno comprenda la importancia de incorporar de manera adecuada los conceptos impartidos (preguntas 1 a 7), que les permitirán no sólo resolver problemas a lo largo del cursado de toda la asignatura sino que, además, les serán de utilidad en asignaturas del ciclo superior (pregunta 8). Si bien los conceptos de equilibrio químico y cinética química necesarios para la resolución del problema se imparten en las clases de teoría, la realidad es que se observa en los estudiantes la falsa creencia de que los conceptos teóricos no tienen aplicación en la práctica, y, en general, esperan hasta rendir el examen final para reflexionar acerca de los conceptos que, durante el cursado, muchos consideran simples definiciones, dejando de lado el razonamiento, por lo que también se espera concientizar sobre la necesidad de establecer relaciones entre ideas o conceptos para arribar a conclusiones.

Fase 3: el problema propuesto tiene como objetivos que los alumnos reconozcan la importancia de razonar los conceptos teóricos para poder aplicarlos en la resolución de situaciones problemáticas y que tomen conciencia de que los conceptos adquiridos se aplicarán a lo largo de toda la carrera, no sólo en la asignatura en curso. Es por ello que, en primer lugar, se señalan los conocimientos previos necesarios de química general (definiciones de equilibrio, cinética, constante de equilibrio, velocidad de reacción), matemática (integrales y derivadas) y termodinámica (entalpía, entropía, energía libre), para poder incorporar los nuevos conceptos de equilibrio químico (estado estacionario, reacciones reversibles e irreversibles, avance de reacción, balance de materia en sistemas reaccionantes en estado estacionario y no estacionario, relación entre constante de equilibrio y energía libre) y cinética química (expresiones de la velocidad de reacción, velocidad instantánea y velocidad media, relación entre velocidad, concentración y temperatura, métodos de obtención de expresiones de ley de velocidad). En el desarrollo del contenido teórico se incluyen ejemplos de la vida cotidiana y las aplicaciones industriales, estableciendo relación con temas a desarrollar en asignaturas posteriores (por ejemplo, diseño de reactores). Además de la obtención de resultados, se solicita evaluar la coherencia de los mismos, insistiendo en la incorporación de este análisis como un hábito en la resolución de problemas. Como puede observarse, la resolución del problema no se limita al simple cálculo numérico, sino que también se incluyen preguntas, las cuales están destinadas a reforzar los conceptos teóricos, como así también a orientar en la resolución numérica. Los alumnos disponen de dos semanas para entregar el problema resuelto, periodo en el cual el docente establece horarios de consulta exclusivos para este trabajo. La presentación es escrita y de carácter individual.

Fase 4: por la metodología utilizada, es posible presenciar únicamente el primer contacto que tienen los alumnos con el problema y luego el monitoreo del proceso se realiza a través de las clases de consulta, siendo la asistencia a las mismas el principal indicador, ya que desde el primer momento se les indica que deben asistir con preguntas concretas. El segundo indicador es el tipo de preguntas que realizan, donde ya puede apreciarse la profundidad de conocimientos que tienen y, de no tenerlos, la facilidad para incorporarlos, como así también la capacidad de argumentación. Además de hacer una valoración del proceso, este período permite identificar las fortalezas y

debilidades de la actividad, de manera de corregir lo que sea necesario para las próximas cursadas. La evaluación del proceso incluye dos aspectos: la evaluación del aprendizaje logrado por los alumnos y la evaluación de la opinión de los alumnos respecto de la actividad. El grado de aprendizaje se mide a través de la resolución de un problema similar, planteándose, además, una situación determinada en la que deben indicar cómo procederían. Para evaluar el aspecto cualitativo, al finalizar el cursado se les pide que completen una encuesta de opinión.

### 3.3. Nivel 3: ingeniería de las reacciones químicas

En el otro extremo de la articulación, en IRQui se plantea la siguiente situación problemática:

*Imagínese ingeniero de procesos de una empresa dedicada a fabricar el producto B a partir de A mediante la reacción en fase líquida homogénea:  $A \leftrightarrow B$ . El proceso se lleva a cabo en un TAC adiabático al cual ingresa reactivo A con una concentración de 3 mol/lit, a 20°C. La conversión de salida es del 70% y no puede variar jamás (las razones las desconoce, pero esta exigencia la debe cumplir al pie de la letra, a costa de perder el puesto). En función de una nueva planificación de empresa la producción debe aumentarse (sin alterar la conversión) y se sugiere para ello intercambiar calor entre la corriente de alimentación y el efluente. Utilizando los siguientes datos (ya establecidos para el proceso):  $\Delta H = -8.000$  [kcal/kmol];  $k_1 = 1,0 \times 10^8 e(-5000/T)$  [min<sup>-1</sup>],  $k_2 = 5,0 \times 10^{12} e(-9000/T)$  [min<sup>-1</sup>],  $r = k_1 \cdot CA - k_2 \cdot CB$ ,  $V = 175$  lt,  $C_{p,medio} = 0,8$  [cal/g°C],  $\rho = 1000$  g/lt,  $U = 115000$  [cal/min.m<sup>2</sup>.K], y como responsable del proceso usted debe:*

- Verificar la producción de B en las condiciones actuales de operación.*
- Analizar cualitativamente la situación y predecir si la producción puede efectivamente aumentarse (se sugiere trabajar con un gráfico X-T).*
- Calcular la producción del compuesto B en las nuevas condiciones.*
- Calcular el área de intercambio necesaria para la nueva situación.*
- Sabiendo que, en las condiciones actuales, el reactor opera en condiciones estables, emitir una opinión (fundamentada) acerca de la estabilidad del nuevo punto de operación, dado que no se piensa invertir en automatización.*

Fase 1: se promueve que el alumno logre comprender cabalmente lo que la situación plantea examinando aspectos involucrados en ella. Para ello debe emplear el conocimiento adquirido y desplegar las habilidades/capacidades desarrolladas previamente identificando conceptos y/o teorías apropiadas para resolver la situación, realizando esquemas, planteando balances, identificando datos disponibles, información implícita y datos que deben recabarse, determinando si existen restricciones para la solución (poner en juego el pensamiento crítico).

Fase 2: se espera que el alumno sea capaz de evaluar los

resultados obtenidos, analizar si son razonables, si son viables y apropiados y de fundamentar sus afirmaciones.

Fase 3: la metodología es la de resolución de problemas conduciendo a que el alumno tome decisiones, razone inductiva y deductivamente, analice errores y explore diferentes perspectivas integrando y refinando sus conocimientos. En general los alumnos trabajan en parejas bajo la guía del docente.

Fase 4: dado que el número de alumnos lo permite, la evaluación de los resultados de aprendizaje se realiza observando su desempeño a través de una guía que contempla aspectos como búsqueda de información apropiada, estrategias utilizadas para la búsqueda, organización y uso de la información, secuencia de resolución, uso de expresiones y de unidades, aplicación de herramientas informáticas, capacidad para integrar conocimientos de matemática, física y química. El alumno debe exponer y argumentar acerca de la solución del problema, actividades a través de las cuales es evaluado.

### 4. Evaluación del proceso formativo

La evaluación basada en competencias, al ser integral, tiene que permitir elaborar juicios tanto sobre la adquisición de conocimientos y la capacidad de utilizarlos en la resolución de problemas como sobre el desarrollo de habilidades técnicas, actitudinales, etc. A su vez, esos juicios deben estar basados en evidencias que demuestren en qué medida el estudiante satisface los criterios establecidos para dar cuenta del desarrollo de capacidades que contribuyen a la adquisición de las competencias.

Por otra parte, cuando el aprendizaje está centrado en el estudiante no existe una delimitación estricta entre Aprendizaje y Evaluación ya que a través de las actividades propuestas éste no sólo aprende sino que también puede ser evaluado. Desde esa perspectiva, la evaluación considerada en este trabajo apunta fundamentalmente al proceso formativo y está ligada a una calificación que permita ponderar los logros de los alumnos. Para ello se definieron evidencias (criterios de desempeño) que se refieren tanto a los conocimientos que fundamentan la práctica como a modos de acción que aluden al comportamiento frente a determinadas situaciones. Estas evidencias, que permiten evaluar el logro de los resultados de aprendizaje, se redactan con una estructura que refleja las acciones a demostrar durante la secuencia de aprendizaje: [Acción] + [Objeto] + [Condición].

Para el problema propuesto en IRQui se definió el siguiente resultado de aprendizaje:

***[Diseña] [un reactor continuo adiabático] [para maximizar la producción de un compuesto combinando balances de masa y energía]***

Siendo las rúbricas herramientas de puntuación apropiados para la evaluación del desempeño de los alumnos [12], se optó por una Rúbrica Analítica (Matriz de Valoración) pues incluye descripciones de los niveles de la calidad del desempeño esperados.

Se definieron cinco criterios basados en las expectativas para la tarea, que fue dividida en los componentes que describen el trabajo en cada criterio (Tabla 2).

Tabla 2.

Rúbrica analítica para la evaluación del resultado de aprendizaje.

<b>Criterios de evaluación y ponderación</b>	<b>Principiante (3 p)</b>	<b>Básico (6 p)</b>
[Identifica] [el tipo de reactor] [graficando y analizando corrientes de entrada y salida] 10%	Identifica que es un reactor. No grafica corrientes de entrada y salida ni identifica variables en las mismas.	Identifica que es un reactor. Grafica corrientes de entrada y salida. No nombra las variables en las corrientes.
[Plantea][la estequiometría] [para la reacción dada] 10%	Sabe que hay una reacción química y la escribe. No tiene en cuenta que la reacción debe estar balanceada.	Escribe la ecuación balanceada. Plantea la estequiometría, pero no tiene en cuenta el reactivo limitante ni el tipo de fase (gas, líquido).
[Plantea] [el balance de masa] [que corresponde al reactor identificado] 25%	Describe un balance de masa general sin identificar corrientes de entrada y salida. La variable de diseño no es tenida en cuenta.	Plantea un balance de masa general pero no está en función de la variable a estudiar. Identifica los términos que se aplican al caso de estudio.
[Plantea] [el balance de energía] [que corresponde al reactor identificado] 25%	Describe un balance de energía general sin identificar el tipo de intercambio de calor.	Los términos del balance son adecuados, pero no los relaciona con los flujos de entrada y salida. No identifica el término correspondiente al intercambio de calor.
[Resuelve] [los balances de masa y energía] [de manera combinada para minimizar volumen y maximizar producción] 30%	Los balances de masa y energía no se consideran para resolverlos de manera conjunta. Intenta realizar la maximización/minimización con la resolución de los balances por separado.	Relaciona los balances de masa y energía. No tiene claro en qué término está la variable de diseño.
<b>Criterios de evaluación y ponderación</b>	<b>Competente (8 p)</b>	<b>Maestro de reactores (10 p)</b>
[Identifica] [el tipo de reactor] [graficando y analizando corrientes de entrada y salida] 10%	Identifica que es un reactor. Grafica corrientes de entrada y salida. Nombra e identifica la mayoría de las variables en las corrientes.	Identifica el tipo de reactor. Grafica las corrientes de entrada y salida. Identifica cada variable en las corrientes. Tiene en cuenta el intercambio de calor.
[Plantea][la estequiometría] [para la reacción dada] 10%	Escribe la ecuación balanceada e identifica el reactivo limitante. Plantea la estequiometría y considera el tipo de fase.	Escribe la ecuación balanceada e identifica el reactivo limitante. Plantea la estequiometría considerando tipo de fase para cada componente.

[Plantea] [el balance de masa] [que corresponde al reactor identificado] 25%	El balance de masa corresponde al tipo de reactor. Algún término está en función de la variable a estudiar. Tiene en cuenta la expresión cinética.	El balance contiene términos que corresponden al reactor identificado y está en función de la variable a estudiar en cada uno de los términos.
[Plantea] [el balance de energía] [que corresponde al reactor identificado] 25%	El balance de energía es el adecuado, identifica los términos que se pueden anular en función del tipo de intercambio de calor y del tipo de reactor.	El balance de energía es adecuado. Identifica términos que pueden anularse según el tipo de intercambio de calor y de reactor. Incluye la variable en las expresiones que son función de la misma.
[Resuelve] [los balances de masa y energía] [de manera combinada para minimizar volumen y maximizar producción] 30%	Los balances son resueltos de manera conjunta. Cada uno de los términos está en función de la variable de diseño.	Resuelve los balances de manera conjunta. Cada término está en función de la variable de diseño. Obtiene expresiones de los balances para graficarlos en función de la variable de diseño.

Fuente: Los autores

Asimismo, se establecieron cuatro niveles de dominio en cada caso: Principiante, Básico, Competente y Maestro de reactores, ya que cada criterio definido puede cumplirse con diferente intensidad. Como puede apreciarse en la Tabla 2, en la intersección de una fila (criterio) con una columna (nivel) se ubica un texto que detalla la probable respuesta del alumno a la tarea (descriptor).

Para facilitar la calificación numérica, además se ha explicitado el peso que, en términos porcentuales, se ha asignado a cada uno de los criterios y la puntuación establecida para cada nivel. Los saberes (saber conocer y saber hacer) involucrados en el resultado de aprendizaje cobran valor en la medida en que el alumno (futuro profesional) logra movilizarlos y articularlos adecuadamente para resolver el problema. Por ello los criterios definidos en la matriz de valoración se refieren tanto al aprendizaje cognitivo como al aprendizaje procedimental. Por ejemplo, en el caso del criterio:

***[Identifica] [el tipo de reactor] [graficando y analizando corrientes de entrada y salida]***

existe un fuerte componente cognitivo ya que el estudiante debe apelar a saberes previos o actuales (conceptos, hechos, datos, teorías, etc.) para poder determinar de qué tipo de reactor se trata y esta identificación es el punto de partida para el establecimiento del contexto en el que debe resolverse el problema. El componente procedimental se refiere aquí a la necesidad de traducir la información en representaciones, usando símbolos y construcciones que, por otra parte, son convencionales en este tipo de análisis.

Por el contrario, en el criterio:

***[Plantea] [la estequiometría] [para la reacción dada]***

es el saber hacer lo que predomina. El estudiante debe poner en juego todo el bagaje de contenidos conceptuales

relacionados con el problema a resolver, utilizando procedimientos cognitivo-motrices que requieren la coordinación de la mente en la aplicación de modos de proceder ordenados, tal como es el planteo de la estequiometría de una reacción.

Como se dijo antes, además de los criterios y las condiciones a cumplir para cada nivel de logro descriptos en la Tabla 2, se indica también una puntuación que puede utilizarse para la acreditación de saberes. Independientemente de ello, a los efectos de profundizar el aspecto formativo, se señalan en color las celdas que, para cada criterio, expresan el mínimo nivel deseado.

## 5. Conclusiones

La necesidad de poner el foco en el desarrollo de competencias implica no solo transformar el modo tradicional de enseñanza y de aprendizaje y el proceso de evaluación, sino que requiere, además, de un trabajo articulado. Es decir, la tarea de cada docente al interior de su espacio curricular debe coordinarse en forma participativa con la de docentes de otros espacios para lograr que a lo largo de su formación los alumnos desarrollen las competencias específicas de su carrera.

Este paradigma emergente contempla la enseñanza de los fundamentos de cada disciplina en el contexto de problemas y proyectos propuestos desde la temprana formación del ingeniero, posibilitando el desarrollo de competencias. No se trata solamente de cambiar el clásico modelo centrado en el profesor por un modelo centrado en el estudiante. Deben considerarse otras dimensiones que intervienen en el tejido complejo del proceso de enseñanza y de aprendizaje, que se reflejan en el modo en que cada institución enfrenta el cambio y que, de algún modo, determina métodos de enseñanza y de evaluación, enfocada esta última en los resultados, pero también en el proceso mismo.

La preocupación por la integración de los aprendizajes puede ser resuelta a través de diversas alternativas, pero en todas ellas se requieren de situaciones en las que el estudiante tenga la posibilidad de movilizar los conocimientos adquiridos. La propuesta de este trabajo contempla una coordinación de tres asignaturas en torno a un contenido disciplinar buscando una genuina articulación de contenidos desarrollados de manera que contribuyan efectivamente a las competencias de egreso de la carrera de Ingeniería Química. Se describe un modo de acción que permitió llegar a acuerdos no sólo en el desarrollo de contenidos conceptuales sino, fundamentalmente, en cómo desarrollar y posteriormente identificar si el alumno logró o no una competencia. A pesar del esfuerzo realizado reconocemos que queda mucho por hacer, ya que establecer de manera articulada metodologías de enseñanza y de evaluación es quizá uno de los mayores desafíos a los que nos enfrentamos.

## Referencias

- [1] Felder, R., Engineering Education: a tale of two paradigms, in: McCabe, B., Pantazidon, M. & Phillips, D., (Eds.), Shaking the foundations of Geo-engineering education. CRC Press Taylor & Francis Group. Boca Raton, FL., USA, 2012, pp. 9-14.
  - [2] CONFEDI, Competencias en ingeniería, Universidad FASTA Eds., Mar del Plata, Argentina, 2014, pp. 21-33.
  - [3] Ministerio de Educación. Resolución 2018-989-APN-ME. Formulación de estándares para la acreditación de carreras de grado. Buenos Aires, 2018.
  - [4] CONFEDI-ACOFI, Aseguramiento de la calidad y mejora de la educación en ingeniería: experiencias en América Latina. CONFEDI-ACOFI, Colombia, 2018. [en línea]. [Acceso enero 25 de 2019]. Disponible en: [confedi.org.ar/wp-content/uploads/2018/07/Aseguramiento\\_CONFEDI\\_ACOFI-baja.pdf](http://confedi.org.ar/wp-content/uploads/2018/07/Aseguramiento_CONFEDI_ACOFI-baja.pdf).
  - [5] Polischuk, J., Booth, F., Hryczyński, E., López, W. y Okulik, N., El proyecto como contenido vertebrador, en: Congreso Mundial y Exposición INGENIERIA 2010, CABA, Argentina, 2010.
  - [6] Villa, M., Mena, N., Booth, F. y Okulik, N., Formación en ingeniería y desarrollo regional, en: Foro Mundial de Educación en Ingeniería, CABA, Argentina, 2012.
  - [7] Acevedo, M., Bedogni, G. y Okulik, N., Línea de base para la formación por competencias, en: X CAEDI, Córdoba, Argentina, 19-21 de setiembre, 2018, trabajo ID 312.
  - [8] National Academy of Engineers, The engineer of 2020: visions of engineering in the new century. The National Academies Press, Washington, DC, USA 2005. DOI: 10.17226/10999.
  - [9] Goel, S. and Sharda, N., What do engineers want? Examining engineering education through Bloom's taxonomy, in: Proc. 15<sup>th</sup> Ann. AAEE Conference, 2004, pp. 173-185.
  - [10] Ministerio de Educación. Resolución 1254-Anexo XIII. Actividades Profesionales Reservadas al Título de Ingeniero Químico. Buenos Aires, Argentina, [en línea]. 2018. [Acceso: Febrero 20 de, 2019]. Disponible en: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/310000-314999/310461/norma.htm>.
  - [11] CONFEDI, Anexo I-Ingeniero Químico. En: Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina. Libro Rojo de CONFEDI. Universidad FASTA Eds. Buenos Aires, Argentina, [en línea]. 2018, 47 P. [Acceso: Febrero 20 de 2019]. Disponible en: [https://confedi.org.ar/download/documentos\\_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf](https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf)
  - [12] Izquierdo-Torres, J.F., Cunill, F., Tejero, J., Iborra, M. y Fité, C., Problemas resueltos de cinética de las reacciones Químicas, Universitat de Barcelona, Barcelona, España, 2004, 102 P.
  - [13] Brookhart, S., How to create and use rubrics for formative assessment and grading, ASCD, Alexandria, USA, 2013, pp. 93-100.
- G. Bedogni**, es Ing. en Alimentos en 2005, de la Facultad de Agroindustrias, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina. Esp. en Gestión Ambiental en 2010, de la Universidad Nacional del Chaco Austral y Dr. en Ingeniería Mención Química, en 2016, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Tecnológica Nacional. Es profesor titular de ingeniería de las reacciones químicas en la carrera de Ingeniería Química del Departamento de Ciencias Básicas y Aplicadas de la Universidad Nacional del Chaco Austral. Es coordinador de la carrera de Ingeniería Química del Departamento de Ciencias Básicas y Aplicadas de la Universidad Nacional del Chaco Austral. Su interés en investigación está centrado en los procesos catalíticos. ORCID: 0000-0003-2775-5713
- M. Derka**, es Ing. Agroindustrial en 1999 y profesora en química, física y merceología en 2004, de la Facultad de Agroindustrias, Universidad Nacional del Nordeste. Esp. en Investigación Educativa en 2007, de la Facultad de Agroindustrias, Universidad Nacional del Nordeste. Es profesor adjunto dedicación exclusiva de conocimiento de Materiales en la carrera de Ingeniería Industrial y profesor adjunto dedicación simple de química general de la carrera de Ingeniería Química del Departamento de Ciencias Básicas y Aplicadas de la Universidad Nacional del Chaco Austral. Es integrante de un proyecto de extensión sobre educación y su interés investigativo comprende la problemática de la enseñanza y aprendizaje en la universidad. ORCID: 0000-0002-2234-3181
- C. Fernández**, es Ing. en Alimentos en 2004, de la Facultad de Agroindustrias, Universidad Nacional del Nordeste y Dra. en Alimentos Orientación Ingeniería en 2014, de la Universidad Nacional del Chaco Austral. Es profesora adjunta dedicación exclusiva de fisicoquímica en la carrera de Ingeniería Química y profesora adjunta dedicación simple de metodología de la investigación en la carrera de Ingeniería Agronómica, ambas de la Universidad Nacional del Chaco

Austral. Es codirectora de un grupo interdisciplinario de investigación en desarrollo de ingredientes funcionales para alimentación de poblaciones infantiles vulnerables. Su interés en la investigación se enfoca, además, en aspectos relacionados con el aprendizaje.

ORCID: 0000-0003-2326-4589

**N. Okulik**, es Ing. Agroindustrial en 1985, de la Facultad de Agroindustrias, Universidad Nacional del Nordeste y MSc. en Epistemología y Metodología de la Investigación Científica en 2000, de la Facultad de Humanidades, Universidad Nacional del Nordeste. Es Dra. en Ingeniería en 2002, de la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata y profesor titular de química inorgánica en la carrera de Ingeniería Química del Departamento de Ciencias Básicas y Aplicadas de la Universidad Nacional del Chaco Austral. Es directora de la carrera de Ingeniería Química del Departamento de Ciencias Básicas y Aplicadas de la Universidad Nacional del Chaco Austral. Es Investigador independiente de CONICET y directora de un grupo interdisciplinario de investigación en procesos químicos. Posee experiencia en aspectos pedagógicos relativos a la enseñanza de la ingeniería.

ORCID: 0000-0001-7568-3393