

Características y uso de material escrito en los cursos de ingeniería

Hernán Álvarez

Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Facultad de Minas, Grupo de Investigación en Procesos Dinámicos – KALMAN. Medellín, Colombia.
hdalvare@unal.edu.co

Received: March 19th, 2022. Received in revised form: June 1st, 2022. Accepted: June 14th, 2022.

Resumen

Este trabajo discute las características y usos del material escrito en cursos de ingeniería. Se presenta una discusión breve sobre el tipo de lectores que existen en un salón de clase, buscando caracterizar el tipo de material escrito a usar. Se habla de los libros de texto y las notas de clase, listando sus características y capacidades para ser soporte en la enseñanza de un tema. Todo se liga con la narrativa del curso, un recuento breve sobre los conceptos y teorías que se tratan durante el curso. Se dan unos comentarios finales, dejados como temas abiertos para que el lector los discuta desde su experiencia en un aula de clase.

Palabras clave: estudiante lector; libros de texto; notas de clase; narrativa de un curso.

Characteristics and use of written material in engineering courses

Abstract

This work discusses the characteristics and uses of written material in engineering courses. A short discussion about the type of readers present in a classroom is done, looking for characterizing the kind of written material to be used. The textbooks and lecture notes are presented with their characterization and capabilities as support in teaching a subject. These topics are linked to the course narrative, a short account about the concepts and theories treated during the course. Final comments are given as open topics to be discussed by the reader in contrast to his classroom experience.

Keywords: reading student; textbooks; lecture notes; course narrative.

1. Introducción

La docencia en ingeniería tiene particularidades que la diferencian de la docencia en otras ramas del conocimiento humano. Sin embargo, en todas las ramas se usa material escrito como soporte a la docencia. Hay muchos elementos diferentes al material escrito que participan en un curso, pero en ingeniería la pieza central que ayuda en el desarrollo del curso es el texto. Ese material tiene diferencias marcadas en ingeniería, puesto que la presentación de teorías y conceptos, con su aplicación directa en ejemplos de la vida real, es tal vez el eje central del material escrito que se usa en los cursos. Dicha presentación de teorías y conceptos se hace a manera de secuencia ordenada y atendiendo al conocimiento consolidado sobre un tema, aunque pueden también introducirse temas de punta, apenas en exploración. Tener claros los aspectos generales sobre ese material escrito en un curso de ingeniería, ayuda en la planeación

y ejecución de la materia. Además, podría decirse que los atributos de un buen docente deben reflejarse en el material escrito que escoge o escribe como soporte a su docencia. Algunos de esos atributos comunes entre el docente y el material son: generar confianza en el conocimiento, tener buena comunicación, no temer a lo desconocido y mantener la tranquilidad ante el error [1]. Obviamente, hay otros atributos propios de los buenos textos que también deben estar en ese material de apoyo al curso, siendo tres fundamentales: la coherencia, la concreción y la claridad. Como no se trata aquí de discutir la calidad de los textos, se invita al lector a revisar muy buenos escritos sobre ese tema [2,3].

Una de las inquietudes más frecuentes de los docentes es la pertinencia de un escrito más, o, dicho de otra manera, si usar libros de texto y material existente en la web o escribir su propio material para el curso. Es evidente que los estudiantes de hoy tienen la información a un *click* de distancia, pero eso no aplica para el conocimiento, puesto que este se construye con la

How to cite: Álvarez, H., Características y uso de material escrito en los cursos de ingeniería.. DYNA, 89(222), pp. 91-97, special engineering education July, 2022.

información disponible y el contexto en el que queremos resolver problemas con esa información. Es justamente en la construcción de ese conocimiento donde el material escrito que soporta un curso juega un papel central. Definir para quién se escribe ese material didáctico de apoyo al curso, es decir, caracterizar el grupo de estudiantes a los que va dirigido, es una tarea previa indispensable a cualquier actividad de selección o elaboración de material escrito. Con esto claro, la efectividad del material escrito aumenta, puesto que se puede definir el contenido y el estilo más adecuado para ese público. Es ahí donde cobra relevancia la adaptación de la secuencia de temas, así como de los ejemplos a usar, al contexto propio del estudiante y al sello característico que tiene su carrera en la universidad que lo forma.

Sobra decir que los textos que se escriban deberán tener el material a cubrir durante un curso regular de un semestre. Esto porque también existe la opción de usar un libro de texto, que la mayoría de veces tiene contenido a cubrir en dos cursos o un poco más. En ese sentido, en cualquier texto hecho como soporte a la docencia la generalidad atenta contra la profundidad, mientras que la especificidad sacrifica el cubrimiento “total” del tema. Siempre ese tema “total” es un espejismo, puesto que, a pesar de reconocer unos límites, el conocimiento de punta se traslapa con otras áreas, a veces generando zonas con límite borrosos. Eso impide que sea totalmente claro cuando un tema es de un área o de otra. Además, el tema como un todo por lo general se extiende más allá de un curso de pregrado, pidiendo al menos un curso de posgrado que lo complementa, si se quiere ese cubrimiento “total”. Si bien es posible parcelar cualquier tema en pre y posgrado, algunos aspectos de cada parcela pueden pasar a la otra sin problemas. Un ejemplo simple es el concepto de pérdidas por fricción de un fluido en una conducción. Este tema completo se parte en nivel pregrado con técnicas de cálculo simples como el método de las 2K [4] o en nivel posgrado, haciéndolo desde el tratamiento matemático de la turbulencia [5]. Sin embargo, hay una zona gris en la que las técnicas de dinámica de fluidos computacional (CFD por sus siglas en inglés) [6], puede estar en los dos niveles, con la simplicidad o complejidad suficiente, según el tema se aborde en un curso de pregrado o posgrado.

En este trabajo se habla desde la experiencia de casi 30 años de docencia del autor. Primero se aborda una discusión sobre el tipo de lector al que se dirige el material técnico escrito que soportará la clase. Luego se aborda el tema de los libros de texto, buscando su caracterización, para luego hacer lo mismo en un apartado dedicado a las notas de clase. Finalmente, se cierra con una sección dedicada a la narrativa que todo curso tiene (o debería tener), puesto que esa es la base con la que se selecciona el material escrito, bien sea un libro de texto o unas notas de clase propias o de otro profesor. Aunque se presentan por separado estos aspectos, en las conclusiones se tejen las relaciones más evidentes entre ellos, dejando al lector un grupo de afirmaciones abiertas para fomentar su análisis y planteamiento de posibles formas de aplicar todo lo dicho aquí sobre el material escrito que soporta un curso en ingeniería.

2. Escribir para lectores no cautivos

Aunque ya se mencionó la necesidad de identificar para quien se escribe, vale la pena discutir sobre una característica particular de los estudiantes como lectores. Sin entrar a

buscar las causas, es evidente la apatía cada vez mayor hacia la lectura, en especial de textos técnicos. Es por eso por lo que el material escrito como soporte a un curso tiene que sobrepasar el obstáculo de los lectores no cautivos. En otras palabras, cuando la mayoría de estudiantes lo lean, será por necesidad más que por emoción o atracción respecto de su contenido (aunque siempre habrá una minoría de estudiantes apasionados que se sale de ese perfil). Adicionalmente, este tipo de textos se encuentran con una masa de lectores, en general, que apenas se están aproximando al tema, con inquietudes diferentes y a veces encontradas, aunque todos ellos tienen algún interés por recibir información. Sin embargo, hay un sesgo generado por la inmediatez de las redes sociales: su concepción del ideal de información. Los estudiantes esperan que la información sea sintetizada, fácilmente digerible, poco profunda, pero que llene sus necesidades. Además, ellos están siempre dispuestos a recibir, pero muy poco a dar, con lo que el diálogo o interacción con el texto será mínimo, excepto que exista una asignación o tarea, y mejor si es evaluable.

Con un lector como el que se acaba de describir, el texto técnico que se elabora como apoyo a un curso debe contener un mensaje certero y contundente, aunque puede también llevar mensajes subyugantes no vitales para la comprensión de lo básico. Dicho mensaje debe ser capaz de poner de acuerdo a los estudiantes sobre lo básico o fundamental, a pesar de sus grados de apropiación del tema, siempre heterogéneo, desigual y a veces con contradicciones en el conocimiento previo (los pre-requisitos). Es justamente la utilidad en el ejercicio profesional de todo lo que se discute, la que logrará el enganche de los estudiantes, siempre que en el texto esa aplicación esté claramente enunciada, ojalá sobre la base de la realidad que están viviendo esos estudiantes en su entorno. Esa realidad se liga perfectamente con los enunciados de la Ingeniería para la Vida, expresados en el manifiesto elaborado en la Facultad de Minas (<https://minas.medellin.unal.edu.co/manifiesto-ingenieria-para-la-vida>), puesto que, si se conoce el entorno, el territorio y el medio profesional, se gana conciencia sobre el papel de la profesión en el cuidado de la vida. Se reitera que, desde el punto de vista técnico, y ante la dificultad de no tener un lector cautivo, el mensaje debe centrarse en temas que lleguen con fuerza a la conciencia de cualquier estudiante. Como ya se advirtió, uno que siempre funciona, y que además resulta muy formativo, es ponerlos en las situaciones típicas de su trabajo profesional futuro. Eso hace que su responsabilidad con ellos mismos los motive a leer, analizar, comprender y aplicar el contenido técnico del escrito. Creer que el conocimiento científico de la profesión, por sí mismo, va a ser un enganche es un error. Por eso, la motivación de todo texto, así como sus ejemplos y ejercicios, deben tener como foco la práctica profesional futura del estudiante. Eso deja abierta la puerta para usar problemas actuales del medio, pero conectados con el conocimiento que se expone.

Para cerrar este apartado, vale la pena hablar sobre que tan largo debe ser un texto técnico que se use como soporte de la docencia en un curso de ingeniería. Lo primero es advertir sobre alargar un texto por el hecho de percibirlo como muy corto. Eso lleva a malabares, la mayoría de veces desacertados, del que escribe por aumentar el texto a como de lugar, incluyendo material no relevante o no en línea con

lo tratado. En el mismo sentido, si se trata de un escrito extenso que busca ser breve, los riesgos de no saber condensar y desconocer el arte de la eliminación de lo irrelevante, pueden dejar al texto corto (como se quería), pero incompleto o incoherente. Una guía breve indica que se condensa en materias en las que el autor tiene suficiente conocimiento, eliminando lo que se sabe con plena exactitud que es inútil para el propósito del escrito.

3. Libros de texto y su objetivo

No hay que hacer una presentación extensa de los libros de texto pues todos nos educamos con ellos y a veces los usamos en los cursos. Mejor se procede a listar varias características que diferencian al libro de texto de las notas de clase, el otro tipo de material escrito. El libro de texto consigna una visión general, formal y global (para todo el mundo) de un tema, generalmente escrito por autoridades en ese campo del conocimiento. Esta orientación del libro de texto tiene un objetivo comercial claro: poder venderlo de forma masiva. Por ese ánimo comercial, el libro de texto, aunque evolucionó desde unas notas de clase particulares, siempre es voluminoso, con muchos antecedentes y un tratamiento genérico (completo) del tema [7], sin llegar a ser un manual o *handbook*, como los disponibles en ingeniería, por ejemplo, el Manual del Ingeniero Químico de R. H. Perry o el Manual del Ingeniero Electricista de A. E. Knowlton, por mencionar solo dos. En ese sentido, todo libro de texto tiene la pretensión de ser un texto útil para cualquier currículo de pregrado o incluso de posgrado, como en algunos casos [8]. Sin embargo, la experiencia casi siempre es que no es directo ni fácil adaptar un libro de texto a un curso en particular, por lo que el docente debe pensar muy bien cómo usarlo o incluso con que suplementarlo para sentirse a gusto con ese material escrito.

En el cubrimiento del tema, los libros de texto intentan abarcar todo un tema, lo que los condena a dos opciones: *i*) parecerse a un manual o *handbook*, con alto contenido y el riesgo de poca profundidad; o *ii*) terminar siendo un libro muy voluminoso, con buen cubrimiento del tema, pero muy denso para un lector novato en el tema. Por lo tanto, aunque son textos que se podrían usar en un curso, obligan al docente a diseñar saltos entre capítulos e incluso secciones de capítulo, sin que se pueda garantizar que tales conexiones serán suaves y naturales para el estudiante. En muchos libros de texto esas conexiones no existen, puesto que el empeño de los autores por tener continuidad en el texto no incluía tales saltos. En ese sentido, es el docente el que debe proveer esas conexiones con material extra, la mayoría de veces de su propia elaboración, aunque puede usar material de otros libros de textos o notas sueltas de otros docentes. Esta última alternativa genera bastante confusión en los estudiantes puesto que los obliga a cambiar de estilo de escritura y hasta de nomenclatura. La opción más indicada en estos casos es que se usen escritos que el mismo profesor elabore. Una alternativa es tener escritos propios a manera de presentación del próximo tema a abordar en el curso, incluso, introduciendo apartes de uno o más libros de texto u otros materiales.

Volviendo al ánimo universal del cubrimiento “completo” del tema que tienen los libros de texto, se

evidencia que eso los obliga a realizar un tratamiento rápido, y por tanto corto, de los ejemplos que provee. Eso es poco útil para el pensamiento crítico que se pretende formar en los ingenieros. Particularmente, para esa competencia se requieren enunciados completos, que describan la situación real a resolver con todas sus particularidades y un buen nivel de detalle. Justamente, construir y entender esos enunciados hace parte de las habilidades que el ingeniero requerirá en su ejercicio profesional. Adicionalmente, y con relación a la solución de problemas, los libros de texto se destacan por su brevedad. Es muy común que se resuelvan los ejemplos con saltos grandes, asumiendo que el lector entiende perfectamente los pasos intermedios, todo justificado por la supuesta claridad de lo previamente expuesto en el mismo texto. Obviamente, eso es posible, pero solo para una proporción baja de los estudiantes (los avanzados que a veces ni profesor necesitan). La mayoría de los estudiantes requiere que se resuelva al menos un ejemplo en detalle, mostrando en cada paso la justificación y uso de un determinado concepto o teoría. Por lo general, los saltos en la solución de un problema, más que invitar al estudiante a llenar el vacío, lo desmotivan, generándole la sensación de exagerada dificultad por la falta de los detalles conectores. Es ahí donde el docente debe proveer esas soluciones detalladas que den al estudiante la seguridad de que lo visto en clase si es efectivo a la hora de resolver esos problemas de la vida real.

Otro aspecto a considerar en los libros de texto es que tienen figuras o estilos gráficos poco cercanos a la idiosincrasia del estudiante. Esto por gustos del diseñador en la editorial o porque están adaptados a otros contextos como el europeo o el norteamericano, o incluso por esa búsqueda de universalidad del libro de texto, sin hablar de los textos más viejos que llegaron a usar colores para evitar que se hicieran fotocopias. Este aspecto, junto con la nomenclatura usada puede jugar en contra del uso efectivo de ese material en un curso, puesto que implica un reentrenamiento de los estudiantes en la lectura de gráficos y en el manejo de la nomenclatura nueva o alterada que el texto propone. Con relación a las figuras, el docente debe explicar ese nuevo formato, y de ser necesario, mostrar equivalencias con otros textos, para que el estudiante se aprenda a mover en esa diversidad de material escrito existente sobre el tema. Sin embargo, a veces ese esfuerzo solo genera confusión, por lo que muchos docentes prefieren hacer adaptaciones de esas figuras en un estilo propio y más amigable con los estudiantes. Respecto de la nomenclatura, el trabajo debe hacerse con mucho más cuidado y detalle. Si bien existen algunos estándares en ingeniería como los de IEEE, AIChE o ASME, no son frecuentes en todas las ingenierías. Por eso, una de las tareas del docente cuando prepara un curso es decidir que nomenclatura usará. Si se apega a un libro de texto todo es directo, pues usa la nomenclatura que el autor presenta (hay textos clásicos que cambian la nomenclatura capítulo a capítulo, como en el texto clásico de Robert Treybal [9]). Pero queda la duda si esa nomenclatura es la más estándar o la más usada en la profesión. Es ahí donde se debe hacer una revisión para tomar la mejor decisión, conduciendo a veces a la necesidad de concatenar varias propuestas de nomenclatura en una sola, buscando mayor coherencia. Se insiste en que usar una nomenclatura unificada es fundamental para que los estudiantes sientan

coherencia en todo lo tratado. Dicha unificación, aunque imposible en principio, permite acercamiento como una tabla de “equivalencias” de nomenclatura para que el estudiante se puede mover entre diferentes textos sin confundirse. A pesar de cualquier esfuerzo, a veces aparecerán contradicciones de nomenclatura que deben resolverse siguiendo un criterio coherente.

Finalmente, con relación a los libros de texto debe decirse que en estos la partición o parcelación del material en clases es compleja, aunque a veces los autores del libro proponen una. Sin embargo, en caso de existir esa parcelación ya en el texto, ese reparto de tema está totalmente ligado a las particularidades del autor del libro y a las particularidades de los estudiantes a los que esa persona ha impartido dicho curso. Es ahí donde el docente debe adaptar el libro de texto a su curso particular y a su estilo docente. Por ejemplo, en ciertas sesiones de clase es más conveniente tratar un solo concepto, pero abundando en ejemplos de aplicación para afianzar el uso del concepto. En otras clases, en cambio, es mejor encadenar tres o más conceptos con una discusión teórico-conceptual profunda, incluso sin tener ningún ejemplo tratado en profundidad. Estas particularidades son imposibles de aplicar si se sigue la secuencia propia de los libros de texto. Es en este tipo de organización de las lecturas, las discusiones y la realización de ejemplos, los libros de texto no puede brindar mucho al profesor. A pesar de esto, para nada se debe descartar el uso de un libro de texto en un curso de ingeniería, siempre que dicho uso tenga todo el análisis y adaptaciones requeridas para que resulte eficiencia en la enseñanza del tema del curso.

4. Lo que se busca con unas notas de clase

Definir que son unas notas de clase, diferentes de los apuntes de clase, que son los que toman los estudiantes, es bastante complejo, pues el nombre mismo deja abierta la puerta para diversos textos que pueden acompañar un curso. Incluso, una búsqueda en la web siempre termina en la toma de notas de clase, con consejos sobre cómo realizar buenos apuntes que entreguen el mejor registro de una clase, siempre desde la visión del estudiante. Aquí se considera en adelante que las notas de clase son un conjunto de escritos sobre un tema central, ordenados en una secuencia particular y adaptados al tipo de estudiante que toma el curso relacionado con ese tema central. Dichos escritos son elaborados con el fin de tener un cubrimiento de un tema general, pero pensando en su uso en ese curso en particular y ahí puede estar una de sus debilidades: ser un compendio de textos inconexos, incluso sin dar créditos a los autores originales. Eso se debe evitar siempre.

Casi todos los docentes alguna vez se han atrevido a escribir algo que complementa o adapte una parte del libro de texto que se usa en el curso. Esos escritos pueden ser el embrión de unas notas de clase, aunque a veces solo se quedan en eso: escritos sueltos. En cambio, en otras ocasiones el docente se anima y los recopila, completa y formatea como un pequeño libro, que por su pretensión de aplicación solo en su curso, no es un libro de texto en sí mismo. Obviamente, para que esos escritos sueltos alcancen el grado de notas de clase deben tener un hilo conductor claro, mantener un estilo uniforme y ser coherentes en el manejo

del tema central. Además, idealmente deberían cubrir el tema del curso completo, para no depender de material externo que los complementa.

Ya en el apartado previo se discutió sobre los libros de texto. Veamos ahora que ofrecen las notas de clase de diferente. Una primera ventaja de las notas de clase es que permiten incluir las particularidades del plan de estudio propio de cada carrera y cada universidad, matizadas con la idiosincrasia de los estudiantes que toman el curso. Además, abren la posibilidad de usar ejemplos que reflejen la realidad local y enfrenten a los estudiantes a los problemas de su territorio y de su entorno cercano. En ellas se puede hacer una selección y secuenciación particular de temas, totalmente adaptada al medio, al currículo y al tipo de estudiante. En ese sentido, se pueden unir los temas tradicionales con temas poco tratados en los libros de texto, debido a su poca universalidad, pero útiles para el contexto local. Un ejemplo de esta inclusión de temas nuevos es el de modelamiento en cualquier curso de operaciones de transferencia en ingeniería química. Ese tema, tratado solo a manera de mención en algunos libros de texto [7,10] o incluso ni mencionado en textos más tradicionales [9], resulta vital como habilidad transversal de los egresados. Adicionalmente, el tema del modelado permite conectar mucho más al estudiante con el resto del currículo, brindándole un sello propio de su alma mater [11].

Una característica diferenciadora de las notas de clase, frente a los libros de texto, es que dan la pausa necesaria a la solución de ejemplos detallados de cada tema. En unas notas de clase no hay tanta limitación de espacio como en un libro de texto para hacer la explicación de la solución de un problema, los pasos seguidos, las alternativas posibles, etc. Incluso, en la solución del ejemplo se puede adicionar material complementario disponible en la web, como videos, simuladores, etc. Eso permite que el estudiante consulte y revise, las veces que lo requiera, todo el material para lograr la mayor comprensión posible de un tema y su aplicación. En ese sentido, algunos ejemplos requieren retomar conocimientos previos, para lo cual las notas de clase pueden apoyar o mostrar continuidad con esos cursos previos en el plan de estudios. Eso permite hacer las conexiones y refuerzos necesarios con temas previos que actúan como prerrequisito, logrando con eso particularizar dichas notas al currículo propio en cada universidad.

Otros temas poco tratados a la hora de la solución de ejemplos en los libros de texto, y que en las notas de clase adquieren preponderancia, son la consistencia dimensional, la conversión de unidades y el análisis de sensibilidad sobre las magnitudes de cada término en una expresión matemática (modelo). Estos temas se pueden incluir en los ejercicios resueltos en unas notas de clase con explicación sobre cómo se aplican y que tan útiles son para la fiabilidad y análisis de la solución propuesta. Hacer esto en un libro de texto es muy difícil, más allá de una mención superficial, puesto que por lo general eso no está en el tema de la materia sino en áreas de soporte como las matemáticas. Esas discusiones no se incluyen en un libro de texto para no hacerlo muy pesado con relación a un público general y por tanto evitar dañar su mercadeo. Al estar exentas de la presión comercial, las notas de clase pueden contener estas discusiones, con la extensión que se considere necesaria para la comprensión cabal del asunto.

Como ya se dijo, es posible que en los libros de texto el formato de la figuras y gráficos no sea el más simple de entender, o incluso se vean figuras que podrían complementarse con más información. Las notas de clase permiten variaciones, adaptaciones y novedades en las figuras y gráficos para explicar conceptos y procedimiento complejos o abstractos. La opción de adaptar las figuras al contexto cultural del estudiante es una herramienta muy potente para aumentar la comprensión de un tema. Vuelve a ser importante considerar el uso de material complementario que acompañe a las notas de clase como una opción válida. El más adecuado es el video, puesto que brinda la opción de visualizar partes, equipos o procedimientos que en dos dimensiones (en el papel) son difíciles de ilustrar. En ese sentido, las notas de clase se complementan perfectamente con presentaciones, así como con videos cortos hechos por el profesor o disponibles en la web. Una recomendación generalizada es que la duración de tales videos no sea de más de 10 minutos, para que se logre enfocar la atención. Además, se espera que cada video trate un solo tema con máximo tres conceptos, siempre que estos estén estrechamente relacionados. De ese modo se garantiza una mejor comprensión de lo que se quiere comunicar.

Una característica inherente de las notas de clase es que ya contienen una partición del tema de acuerdo con la duración de cada sesión de clase, en el estilo propio con el que el profesor conduce el curso. Como es obvio, cada profesor decide hasta donde discutirá en cada clase un tema, que secuencia seguirá y que material usará como soporte: presentación, escritos, videos, prototipos, visita al laboratorio, etc. Puesto que las notas de clase se escriben a la medida del curso y del estilo docente del profesor, ellas se pueden adaptar totalmente a lo que se requiere en el tratamiento de un tema, incluyendo lo teórico-conceptual o lo práctico y aplicado. Es notorio como esa total libertad le permite al profesor reajustar la secuencia y el contenido de unas notas de clase a medida que se dicta el curso en varios semestres consecutivos. Tal oportunidad no se debe desperdiciar puesto que esa maduración del tema es fundamental para llegar a unas notas de clase de calidad. En consonancia con eso, se deben evitar cierres prematuros de las notas de clase, por ejemplo, considerando que tras uno pocos semestres consecutivos de dictado del curso y elaboración de las notas, ellas ya están suficientemente maduras y listas para su cierre. Sin embargo, y sin que la pretensión sea llegar pronto a un libro de texto, como ya se advirtió, la intención siempre es tener unas notas de clase cerradas, es decir completas, para usar como material de soporte al curso. Se aclara que ese cierre deja abierta la opción de la revisión de ese material o incluso la adición de nuevo material, todo desde el uso de las notas en la clase.

En relación con ese cierre y con la revisión de las notas de clase durante su elaboración, la participación de los estudiantes en esa labor de corrección es una oportunidad que debe aprovechar. Es a través de esa participación que el estudiante gana sentido de pertenencia por el conocimiento del curso y por ese material en el que participó como usuario corrector, aportando en su construcción y mejora permanente. Al poder revisar, aportar y, en general, criticar ese material, el estudiante se vuelve artífice de un texto cada día más depurado. Incentivarlos a corregir, proponer

alternativas de explicaciones más claras, entre otras cosas, los acerca a la generación de conocimiento, además de conducir a unas notas cada vez más ajustadas a la idiosincrasia del currículo y del grupo de estudiantes de la carrera. Eso también es una enseñanza de sentido de pertenencia por la ingeniería, una profesión que siempre requiere la revisión permanente del conocimiento que usa, lo que es parte fundamental de su formación profesional. Colateralmente, podría decirse que eso lleva a que las notas de clase hagan que el aprendizaje sea más vivencial que catadrática, puesto que la crítica permanente a lo que ya está escrito, obliga a crear conexiones con significado entre lo escrito e incluso con conocimiento previo y conocimiento de punta.

Como cierre de lo tratado en esta sección, hay que decir que las notas de clase siempre tienen como estructura guía a una narrativa del curso, bien sea que esta sea explícita o esté implícita en la cabeza del profesor. En tal sentido, tener clara la narrativa, que va evolucionando a medida que se dicta el curso, es fundamental, como se discute a continuación.

5. La narrativa de un curso

La narrativa de un curso es un relato coherente y muy bien hilado, en el cual se mencionan y se relacionan todos los conceptos centrales a tratar y usar en el curso, pero sin explicación detallada de esos conceptos. En ese texto se asocian directamente con el tema del curso esos conceptos fundamentales, sin que eso implique que no se puedan incluir conceptos que son centrales en otros cursos del plan de estudio, pero como soporte o herramienta útil para la aplicación de la conceptualización propia del curso al que se refiere la narrativa. Ese texto, escrito con el único objetivo de narrar la secuencia de temas, conceptos, teorías y aplicaciones a tratar en el curso, será la columna vertebral a la hora de organizar el curso. Con una buena narrativa se logra que la temática de un curso sea más amigable para los estudiantes, puesto que, al poner en un solo sitio todo el contenido del curso, se logra que, en una lectura de tres o cuatro párrafos, el estudiante dimensione todo lo que va a aprender. Además, al leer la narrativa el estudiante evidenciará las conexiones entre conceptos ya conocidos en otros cursos y los conceptos nuevos (propios del curso), así como la relación con problemas reales de ingeniería.

El desarrollo de la narrativa para un curso debe tener un apego al contexto de formación del estudiante, basándose en los cursos ya vistos y en el tipo de problemas del entorno y del territorio que se relacionan con la temática tratada. Sin embargo, esto no implica que sea una narrativa exclusiva a un currículo, puesto que debe contener como columna vertebral a los elementos conceptuales del tema general, elementos que permitan reconocer ese tema de inmediato. Como narrativa siempre debe tener un componente de generalidad y otro de completitud del tema, que faciliten acoplar esa asignatura a cualquier currículo que la requiera. Obviamente, las posibilidades de cada currículo y de cada curso, e incluso, de cada profesor a cargo de la materia, se deben incluir en la narrativa. Eso no implica que la narrativa pueda distorsionar el sentido del curso que se establece en el programa de formación de la carrera. Es decir, existen temas fundamentales que toda narrativa debe incluir para poder considerar que ese curso es el que se enuncia en el programa de formación. Se aclara que esto último no violenta la libertad de

cátedra, pues la narrativa no se refiere de forma directa a los métodos y la didáctica a usar.

Muchas veces, en el programa de formación de la carrera existe una narrativa, pero es muy extensa por estar cubriendo un área formada por varios cursos. Eso dificulta que el estudiante la entienda y la use como guía de aprendizaje en los cursos individuales. Además, cuando esto pasa, los profesores no la usan como directriz explícita en su curso y menos la cuentan a los estudiantes, por ese defecto de cubrir más de un curso. Eso lleva a formular como requisito indispensable para una buena narrativa de un curso, que esté centrada totalmente en el contenido de ese curso, sin cubrir otros cursos simultáneamente. Es evidente que cuando se cubren varios cursos, además de conducir a una narrativa muy extensa (aunque se pueden tener resumidas tipo *abstract*), la dejará sin el foco necesario en el curso en el cual se pretende usar.

Un aspecto muy interesante es la evolución que sufre la narrativa a medida que se dicta el curso semestre a semestre. Ese cambio, que podría pensarse como un problema, es una oportunidad, siempre que se parta de una estructura básica existente para ese tema, por ejemplo, tomada del índice de uno o varios libros de texto. Esa evolución de la narrativa hace parte de la maduración del curso, sus métodos y temas, así como de los ejemplos desarrollados y los ejercicios planteados. Obviamente, esa maduración también proviene de la claridad y completitud que gana el tema en la cabeza del docente. Por todo esto, no se debe temer tal evolución, aunque si se debe cuidar que sea suave y con un propósito claro. Nunca debe ser abrupta, excepto cuando se detecten alternativas de mejora radical a tal estructura básica del curso o se esté en un proceso de reforma o armonización curricular, lo que obviamente afectará la narrativa.

Como ejemplo, y sabiendo que para muchos lectores el tema técnico abordado no les será familiar, se muestra la narrativa construida para un curso que el autor ha dictado durante más de cinco (5) años. El objetivo es mostrar la estructura de una narrativa, más que lograr que sea totalmente comprensible para todos los lectores, debido a la carga de lenguaje técnico especializado que contiene.

Narrativa del curso Operaciones de Transferencia de Masa

La Unidad 1 aborda la conceptualización básica y la operatividad matemática del fenómeno de la Transferencia de Masa (TdeM). En tal sentido se explora el detalle del fenómeno mismo, buscando una comprensión del lector de los diferentes mecanismos por los que se da la TdeM y la manera en la cual se puede representar matemáticamente. Se evidencia que la aproximación teórica al cálculo de la TdeM, aunque brinda conocimiento excepcional de lo que puede estar pasando a escala micro y meso, no da formulaciones matemáticas útiles en los casos reales. Esto porque, en esa escala, una o más variables no pueden evaluarse con facilidad. De ahí que se debiera recurrir a coeficientes que agrupan variables difíciles de determinar, que al estar juntas pueden hallarse como un grupo, sin tener que conocerlas una a una separadamente. El cálculo del flux total N_A de TdeM se puede hacer con los coeficientes locales por fase k , k' y F . Aunque la deducción de esos coeficientes locales por fase puede ser teórica (geometrías sencillas), en la mayoría de casos se abordan desde relaciones empíricas o semi-empíricas. Casi todas esas formulaciones se basan en números adimensionales que hacen referencia a condiciones locales del proceso (en un

punto dado del equipo). Se extiende luego lo hecho para una fase, pero ahora aplicado a dos fases, mostrando como aparece una clase nueva de coeficientes, los coeficientes englobantes locales por fase. Es a través de esos coeficientes que se pudo cuantificar más fácilmente la transferencia de masa local. Tal cálculo del flux total N_A se hace desde los coeficientes locales englobantes K y F_O de las fases. Para ese cálculo se usan los valores de gradiente hallados con las respectivas concentraciones de equilibrio en la interfase (difíciles de medir) o con las concentraciones proyectadas (de lectura directa en la curva de distribución de equilibrio CDE), todo en un punto dado del equipo. Se finaliza esta unidad con situaciones en las que el cálculo de los coeficientes locales englobantes de las fases a partir de los coeficientes locales por fase, se puede simplificar.

La Unidad 2 empieza discutiendo sobre la utilidad de la TdeM en procesos industriales, además de explorar las clases de equipos en los que se lleva a cabo dicha TdeM. Luego se aprovecha la matematización desarrollada en la unidad previa para la TdeM en un punto en una y dos fases, para extender esa representación a un equipo completo en el que ocurre TdeM, e incluso, en el que simultáneamente están ocurriendo la TdeM y la transferencia de Calor (TdeC). Dicha extensión es necesaria porque los coeficientes locales por fase y los locales englobantes de las fases, dependen de las condiciones de las fases en cada punto del equipo. Para lograr una representación del equipo como un todo se usan modelos semifísicos de base fenomenológica (MSBF), en la escala macroscópica. Esos modelos implican tomar una o más particiones hechas sobre el equipo, en cada una de las cuales se asume que existe agitación perfecta u homogeneidad de propiedades (la misma propiedad tiene el mismo valor en cada punto de ese volumen). Eso permite aplicar el principio de conservación de la masa y la energía térmica (la energía mecánica se deja para la unidad próxima), a cada partición. Los balances dinámicos que aparecen, que forman la estructura básica del MSBF, permiten seguir el cambio de las variables de interés en el equipo: concentraciones, flujos, fluxes y temperaturas. De este modo se tiene un modelo o representación completa de lo que pasa en términos de TdeM y TdeC. Obviamente, como todos los fluxes dependen de los coeficientes de TdeM y de TdeC, y esos coeficientes son función de las propiedades de las fases en cada punto o partición, dichos coeficientes se actualizan a medida que cambian la temperatura y la concentración de las fases punto a punto (partición a partición), dentro del equipo. En esta unidad se hacen dos deducciones de MSBF, que aparentan ser redundantes: la primera para equipos con TdeM en los que los efectos térmicos son poco significativos y la segunda para equipos con TdeM y efectos térmicos significativos. Aunque este segundo tipo de MSBF es más genérico y contiene al primero, se presenta la secuencia de las dos deducciones de MSBF en el orden mencionado, buscando familiarizar al lector con el modelado, yendo de lo más simple a lo más complejo. De ese modo se cubre el panorama completo de opciones.

La Unidad 3 da paso al uso operativo de toda la conceptualización desarrollada en la primera unidad y la representación matemática o modelado del equipo completo lograda en la segunda unidad. Todo lo previo se usa en esta unidad para afrontar el diseño y valoración de equipos para la TdeM, con o sin efectos térmicos significativos. Para eso

se deben introducir los efectos de la transferencia de cantidad de movimiento (TdeCdeM) en el flujo de las fases por el equipo. Aunque en su mayoría se recurre a formulaciones de carácter empírico y cartas de fabricante, también se discuten algunas aproximaciones fenomenológicas, que no se introdujeron en la Unidad 2 por ser más la excepción que la regla. Con esto se cierra la representación del funcionamiento del equipo, pues se obtiene la forma en que la presión cambia punto a punto (partición a partición) dentro del equipo. La unidad inicia con una discusión fundamental: el carácter concurrente de las tres transferencias (cantidad de movimiento, calor y masa). Esto es básico para la valoración puesto que buena parte de los problemas en equipos con transferencia de masa provienen del deterioro, respecto de los valores de diseño, de los coeficientes de transferencia de masa debido a cambios en las condiciones de las otras dos transferencias. Luego se abordan las tres alternativas posibles para el análisis de un equipo: a través de nomogramas y cartas de fabricante, usando la alternativa de solución explícita del modelo matemático, y finalmente, con la solución gráfica con trazos sobre la CDE. Se cierra el capítulo ejemplificando este análisis con dos casos emblemáticos de la transferencia de masa en el ámbito industrial: la destilación en torres de platos y en secado de sólidos en bandejas.

La Unidad 4 se desarrolla durante todo el semestre por los estudiantes organizados en grupos de trabajo. Cada uno de esos grupos aborda el desarrollo, análisis y diseño de un equipo de TdeM de uso frecuente en la industria. Con las tres exposiciones de su trabajo, sumado el informe final de lo hecho, se cubren las operaciones de TdeM más comunes en la industria de procesos.

Para cerrar, vale la pena recordar que al docente el poder se lo da la universidad cuando lo nombra al frente del curso, pero la autoridad, se la da el manejo del tema. Esa autoridad no implica que el docente tiene la verdad absoluta. Al contrario, la única certeza que se tiene es que todo el conocimiento es una propuesta y no una verdad revelada. Finalmente, la libertad de cátedra que la universidad otorga al docente se debe usar en beneficio del aprendizaje de los estudiantes, y nunca para tapar sus deficiencias en conocimiento, actualización o pedagogía, pues a veces se suprimen del curso los temas difíciles o poco claros para el profesor.

6. A manera de conclusión

Si bien se habló desde la experiencia del autor, aunque soportado por algunos trabajos relacionados, es importante aclarar que este tema sigue abierto a discusión y aportes. En ese sentido, las siguientes son ideas para motivar al lector a una discusión, reflexión y análisis, a medida que va aplicando lo leído.

Para la selección de un libro de texto deben revisarse varias opciones, siempre valorando la categoría de los autores, así como el formato mismo del texto desde el punto de vista pedagógico. Escoger un libro porque está escrito por un premio Nobel, sin considerar que su formato, organización de temas, figuras, tablas, etc., sean adecuadas para los estudiantes, puede ser un error fatal para el éxito del curso.

Podría decirse que encontrar el libro de texto que acople totalmente con el curso que se dicta es casi imposible. En ese

sentido, si se van a usar apartes de varios libros de texto, la selección y los enlaces entre esos materiales diversos es total responsabilidad del docente.

Aunque la intención primaria no sea la publicación bajo sello editorial, si las notas de clase tienen ese propósito, siempre es indispensable la revisión de pares. Sin ese requisito, por más bien intencionado que esté el profesor, podrán escaparse errores conceptuales o de procedimiento que luego le quitarán todo el valor al texto que tanto esfuerzo costó.

Al compartir unas notas de clase con otras universidades se deja la puerta abierta para su transformación y adecuación de acuerdo con las particularidades de cada plan de estudios o currículo donde se van a usar. Obviamente, esa es una tarea que deben hacer los docentes que las reciben.

Siempre es opcional elaborar una narrativa para el curso. Sin embargo, tenerla ayuda mucho a los estudiantes al plantearles una hoja de ruta o mapa del conocimiento que requiere y del que van a encontrarse durante el curso. Siempre será mejor tener la narrativa, así esté en construcción, que no tenerla.

References

- [1] Bein, K., Lo que hacen los mejores profesores universitarios. Universitat de Valencia, España. 2007.
- [2] Creme, P. y Lea, M., Escribir en la universidad. Gedisa. España. 1997.
- [3] Tello, N., Cómo escribir. Guía rápida de redacción profesional. Lonseller. 2003.
- [4] Darby, R., Chemical engineering fluid mechanics, Marcel Dekker, New York, USA, 2001.
- [5] Olufemi, A., Ademola, A. and Olalekan, O., Effect of turbulent flow on pressure drop in a single-phase vertical pipe. The Open Petroleum Engineering Journal. 4(1), pp 1-8, 2011. DOI: <https://doi.org/10.2174/1874834101104010001>
- [6] Muhammad, A., Numerical analysis of friction factor for a fully developed turbulent flow using k-ε turbulence model with enhanced wall treatment. Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences. 3(4), pp. 269-277, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjbas.2014.12.001>
- [7] Seader, J., Henley, E. and Roper, D., Separation process principles. Chemical and biochemical operations. John Wiley & Sons. Inc., New York, 2011.
- [8] Bird, R., Stewart, W. and Lightfoot, E., Transport phenomena, J. Wiley, New York. 2007.
- [9] Treybal, R., Mass-transfer operations, 3rd ed., Classic textbooks reissue. McGraw-Hill, New York. 1980.
- [10] Welty, J., Wicks, C., Wilson, R. and Rorrer, G., Fundamentals of momentum, heat, and mass transfer, 5th ed, John Wiley & Sons, New York. 2008.
- [11] Alvarez, H., Modelado dinámico de procesos químicos y biológicos. Colección Techné. Universidad Nacional de Colombia. 2022. In press.

H. Alvarez, received the BSc. Eng in Chemical Engineering and the MSc. in Systems Engineering both, from the Universidad Nacional de Colombia. Medellín. He received the PhD. in Control Systems from INAUT-Argentina. Currently, he is a full professor in the Processes and Energy Department, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia. His research interests is the modeling and control of dynamic systems. ORCID: 0000-0002-2253-3583