

## ARTICULANDO MATE(RIALES) A

Cozzarín, Ana L.<sup>1</sup>; Trípoli, María M.<sup>2</sup>, Feloy, Lucas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Unidad de Investigación ProInTec I&D - Cátedra Materiales - Departamento de Mecánica – Facultad de Ingeniería – UNLP - 1 y 47, La Plata – Bs As. - Argentina

<sup>2</sup> Unidad de Investigación en Metodologías alternativas para la enseñanza de las ciencias - UIDET IMApEC – Cátedra Matemática A - Departamento de Ciencias Básicas – Facultad de Ingeniería – UNLP - 1 y 47, La Plata – Bs As. - Argentina

[acozzarin@ing.unlp.edu.ar](mailto:acozzarin@ing.unlp.edu.ar), [mercedes.tripoli@ing.unlp.edu.ar](mailto:mercedes.tripoli@ing.unlp.edu.ar)

Palabras claves: articulación, integración, ecuación de la recta, deformación elástica

### Introducción

Charlas de pasillo fueron el inicio de reuniones más formales que convergieron en la realización de la actividad áulica que relatamos en este trabajo. Nuestra experiencia como docentes y la participación en formaciones pedagógicas de las docentes involucradas en la actividad propuesta, motivó la necesidad de buscar algunas alternativas, ante repetidas dificultades que observábamos en nuestros estudiantes. Por un lado, la falta de motivación en el estudio de la matemática, siendo esta disciplina una herramienta indispensable en la formación del ingeniero, y por el otro, el hecho de que las y los alumnos presenten dificultades al momento de recuperar, en otras asignaturas no de ciencias básicas, los conceptos estudiados en matemática.

Lo anteriormente expuesto nos hizo pensar en la necesidad de fomentar la articulación entre materias del primer y del segundo año (específicamente, una materia de ciencias básicas con otra de las tecnológicas básicas del departamento de mecánica). La propuesta que realizamos se basa en dos principios del aprendizaje que se consideran básicos (Zabalza, 2010): el primero indica que el aprendizaje mejora si los alumnos son capaces de establecer redes (conceptuales, operativas, funcionales, etc.); es decir, si aprenden relacionando unas con otras. El segundo principio indica que el aprendizaje mejora si las y los alumnos son capaces de dar sentido a las cosas que estudian; es decir, si saben (porque se lo decimos o sugerimos) para qué sirve o a qué se aplica lo que están aprendiendo.

Uno de los problemas fundamentales de los currículos es que provocan aprendizajes que se estructuran en campos similares a aquellos desde los que se ha tomado contacto con ellos. En los modelos disciplinares, los estudiantes tienden a organizar sus conocimientos por disciplinas (a veces en sub-disciplinas, si han sido varios los profesores que han participado en su desarrollo, cada uno de ellos generando su propio y diferente campo informativo y de prácticas), en archivos separados unos de otros. Es importante enseñar de forma que el primero de los principios mencionados se cumpla: plantear las cosas relacionándolas unas con otras, hacer visibles las conexiones, de todo tipo, existentes entre unos contenidos y otros. Si se hace así, la natural tendencia centrípeta de contenidos y actividades se diluye y se va abriendo espacio a la posibilidad de transferir conocimientos y destrezas de unos campos a otros.

Los y las estudiantes no tienen la clave para efectuar todas las relaciones por sí mismos y, a veces, les resulta difícil establecer conexiones entre ciencias básicas y actividades profesionales. La articulación curricular colabora, entre otras cosas, en hacer visibles los nexos entre conocimientos generales y especializados.

Cuando enseñamos asignaturas totalmente independientes, estos caminos no están trazados, al alumno (o alumna) se le dificulta recorrerlos solos, es como si estuviera en un

mar sin brújula. Entonces los o las docente tienen que comenzar por construir la relación entre el conocimiento nuevo y lo ya sabido, aunque es mejor que sea el conjunto de (las y) los profesores el que la construya (Camilloni, 2001).

Dar clases representa un acto apasionado (Piaget) a modo de donación, de entrega generosa (Berisso, 2015). No pretende un retorno objetivable, sino que consiste en una entrega que apunta a movilizar al otro a que abra su propia perspectiva. ¡¡La práctica de enseñanza no es azarosa, es intencional! Y nuestra intencionalidad, que se relata en el presente trabajo, fue la realización de una experiencia de articulación que se llevó a cabo en una comisión de Matemática A con docentes de la cátedra de Materiales del Área Departamental Mecánica, durante el primer semestre del corriente año. El objetivo general inicial fue motivar a los estudiantes en el uso de la matemática, destacando su importancia como una herramienta necesaria en la formación del ingeniero, mostrando una aplicación de la misma. En particular, nos propusimos relacionar la ecuación de la recta (desde la matemática) con la ley de Hooke (desde materiales), presentar un ejemplo de función a trozos (deformación elástica más plástica) y articular lenguajes, notaciones (simbología) y escritura de distintas disciplinas, y trabajar sobre interpretación de diagramas/gráficos. Se considera necesario brindarles actividades que acerquen al estudiante, en la medida que los conocimientos de matemática lo permitan, a aplicaciones concretas que encontrarán durante su carrera (Trípoli, Torroba, Devece y Aquilano, 2019).

### Desarrollo de la experiencia

Contando con una experiencia que nos resultó satisfactoria de una prueba piloto desarrollada en el aula de Matemática A en el año 2018 decidimos realizar la actividad de articulación en modalidad virtual. La propuesta se realizó en una de las comisiones de Matemática A en el primer semestre del año en curso. El diseño de la misma contempló dos etapas: 1) realización de una clase (no obligatoria) que se realizó en forma virtual en la plataforma Meet, y 2) realización de un ejercicio en forma grupal por parte de los estudiantes luego del encuentro mencionado. Se contó con la participación de docentes de la Cátedra de Materiales, las docentes de la comisión de Matemática A involucrada en esta experiencia y prácticamente la totalidad de los alumnos inscriptos en dicha comisión.

Previamente a la actividad concreta se realizaron reuniones entre docentes de ambas cátedras para el armado de la propuesta pedagógica. Se realizó una invitación formal a los y las estudiantes para que estuvieran al tanto de que ese día a esa hora iba a haber una actividad especial en la comisión.

Se eligió el tema de la deformación elástica y plástica de los materiales dado que, por un lado puede visualizarse la gráfica de una función a trozos como modelización de una situación concreta (tipo de funciones que los y las alumnas estudian en Matemática A), y además, por la vinculación que tiene la deformación elástica con la Ley de Hooke y por lo tanto, con la ecuación de una recta (concepto que los y las alumnas ya estudiaron en la escuela media, volvieron a ver en Matemática para Ingeniería y repasan en Matemática A como la gráfica de una función lineal). No es el objetivo comprender los aspectos teóricos del tema elegido, ya que los mismos se formalizarán oportunamente, sino brindar algunas herramientas para que el estudiante pueda hacer una comprensión intuitiva del tema. A su vez, observar cómo “la recta”, un concepto matemático que podríamos decir básico por ser estudiado en la escuela media, es un vehículo para el estudio de la deformación elástica de los materiales.

En cuanto a la clase realizada por Meet, un docente de Materiales realizó una explicación de los conceptos técnicos apoyado en una presentación compartida a través de la plataforma y con el apoyo de elementos que los y las estudiantes pudieran tener en su casa para realizar experiencias físicas. Concretamente se les pidió que tuviesen para el encuentro un cuchillo y

una cuchara (al menos, que en una parte, sean metálicos), dos elementos de similar composición que presentan comportamientos mecánicos marcadamente diferentes y cuya deformación se utilizó para representar los comportamientos explicados. A su vez, y para no perder la interdisciplinariedad, estuvieron presentes docentes de ambas cátedras, que intervinieron cuando lo consideraron oportuno para generar mayor cohesión entre conocimientos.



Figura 2. Momento de la clase en donde se observa la pantalla compartida

Una vez finalizada la exposición y cuando ya ningún participante tenía nada que decir en el encuentro, se invitó a los alumnos y alumnas a que realizaran una encuesta en forma individual, luego de que finalice la clase, mediante un formulario de Google. Si alguien no la quería responder en el momento, contaba con dos días para hacerla.

Se quiere realizar un trabajo utilizando acero IRAM-IAS 1040 normalizado. Para ello es necesario conocer su rigidez, con el objetivo de saber si dicho material es el apropiado para realizar el trabajo. En este caso se necesita una rigidez que varíe entre 200000 y 203000 MPa (o lo que es lo mismo  $N/mm^2$ ). Conocer la rigidez del material, equivale a conocer el módulo elástico del mismo, que es la constante de proporcionalidad entre la tensión y la deformación del material. Para ello se realizó un ensayo de tracción: se cuenta con material para hacer una probeta de 10 mm de diámetro y al ensayarlo se utiliza una longitud de referencia de 25 mm, obteniendo los valores de la tabla de abajo, de los cuales una parte corresponde a la deformación elástica y otra a la deformación plástica. Considerar que a carga cero, no hay alargamiento.

Carga (N)	Alargamiento (mm)
30000	0,0474
60000	0,0948
120000	0,2685
180000	0,6583

Respondan los siguientes interrogantes, justificando los mismos:

1. ¿Cuáles datos pueden utilizar para determinar el módulo elástico?
2. ¿Cuál es el valor del módulo elástico? Expresen correctamente las unidades.
3. De acuerdo a la tabla, ¿hasta qué valor de la carga pueden asegurar que se encuentra dentro de la región de deformación elástica?
4. De acuerdo a los datos tomados en la tabla, ¿pueden conocer el límite de deformación elástica?
5. ¿Cuál es el alargamiento si la carga es de 50000 N?
6. De acuerdo al valor del módulo elástico, ¿el material seleccionado tiene la rigidez apropiada para el realizar el trabajo?

Figura 3. Ejercicio que se propuso a las y los estudiantes para ser resuelto en forma grupal

Con respecto al ejercicio que se les compartió para que lo resuelvan en forma grupal, tuvieron diez días como plazo para entregarlo. El ejercicio elegido es uno que se adaptó de una de las prácticas de la asignatura Materiales (Figura 3). En el documento entregado con la consigna del ejercicio, se recordaron algunos conceptos que fueron mencionados en la clase, con el objetivo de colaborar con los y las estudiantes en su resolución. Al hacerles la devolución del ejercicio, se les solicitó contestar otra encuesta, referida puntualmente al mismo.

## Resultados

En cuanto a la encuesta voluntaria realizada con respecto a la clase, la respondieron 40 de los 58 estudiantes inscriptos en la comisión, el 72,5% manifestó haber seguido la charla. Los restantes alumnos y alumnas, en general, comentaron haber tenido problemas con la conexión a internet y a alguien le pareció un poco difícil de seguir. A la totalidad, les pareció útil el tema elegido, en palabras de un estudiante *“se vieron claros los ejemplos con los cubiertos acompañados con la teoría que presentaron, y con respecto al gráfico, se notaba la presencia de las matemáticas aplicadas en como este de la vida cotidiana”*.

Todos los y las estudiantes manifestaron que les parece importante que se brinden charlas o se realicen actividades en Matemática A en las que puedan vincular la matemática con contenidos de otras asignaturas más específicas de su carrera. Todos justificaron su respuesta. Por mencionar algunas de ellas: *“me parece importante porque, en cierta forma, calma un poco la ansiedad de conocer cómo se relacionan las matemáticas con la carrera que elegí, ingeniería en materiales”*, *“me parece importante para darle “un sentido” a lo que vemos en matemáticas A”*.

En cuanto al ejercicio, la resolución del mismo, fue correcta por parte de los ocho grupos en los que se dividieron. Lo que notamos es que, en general, les faltó fundamentar sus respuestas, cuando la pregunta hacía referencia a una decisión que debían tomar o no mostraron todas las operaciones matemáticas que hicieron, sino solamente mostraron algunas de las cuentas dando la respuesta directamente. Esto es algo que se observa normalmente en las resoluciones que presentan los y las estudiantes durante su paso por Matemática A, es decir, que no es algo particular por el tema tratado. En la Figura 4 se muestran dos resoluciones, a modo de ejemplo.

1. Los datos que necesitamos para determinar el módulo elástico de la probeta son la tensión y la deformación de la misma. Para sacar la tensión necesitamos saber la carga y el área transversal que se le aplica, para sacar la deformación necesitamos saber el alargamiento y la longitud inicial de la probeta.

2.

3. De acuerdo a la tabla hasta 6000 se puede asegurar que se encuentra dentro de la región de deformación elástica.

4. De acuerdo a los datos tomados en la tabla, no podemos conocer exactamente cuál es el límite de la deformación elástica, pero sí sabemos que es un valor entre 60.000 N y 120.000 N.

5.

6. Si de acuerdo al valor del módulo elástico el material seleccionado tiene la rigidez apropiada para el realizar el trabajo.

1. Los datos que se pueden utilizar para determinar el módulo elástico son los de las dos primeras filas, porque con ellos se obtiene una misma relación, mientras que con los de las siguientes filas se obtienen relaciones diferentes.

2. El valor del módulo elástico es  $E = 201.462 \text{ N/mm}^2$

Calculo:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{P}{A} \times \frac{L_0}{\Delta L} = \frac{30.000 \text{ N}}{25\pi \text{ mm}^2} \times \frac{25 \text{ mm}}{0,0474 \text{ mm}} = 201.461.9533 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

3. De acuerdo a la tabla se puede asegurar que se encuentra dentro de la región de deformación elástica hasta el valor de la carga de la segunda fila, ya que con los valores de ambas filas se obtiene el mismo valor para el módulo elástico, mientras que con los valores de las siguientes filas se obtiene un valor de módulo diferente, lo cual indica que la deformación no es lineal y por lo tanto no es elástica, sino plástica.

4. De acuerdo a los datos tomados en la tabla, no podemos conocer exactamente cuál es el límite de la deformación elástica, pero sí sabemos que es un valor entre 60.000 N y 120.000 N.

5.

$$\Delta l = \frac{P \times L_0}{A \times E} = \frac{50.000 \text{ N} \times 25 \text{ mm}}{25\pi \text{ mm}^2 \times 201.462 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 0,079 \text{ mm}$$

6. Si de acuerdo al valor del módulo elástico el material seleccionado tiene la rigidez apropiada para el realizar el trabajo.

Figura 4. Ejemplos presentados por los estudiantes

La encuesta referida a la resolución del ejercicio, la contestaron seis de estos grupos. Con respecto al nivel de dificultad del ejercicio propuesto, un grupo manifestó que la dificultad fue alta y los demás que fue media. Podemos resumir lo manifestado por los y las alumnas, con la siguiente mención realizada por uno de los grupos: “*nos resultó un poco difícil ya que aplicamos lo visto en matemática en un tema el cual nunca habíamos visto (deformación elástica/plástica, módulo elástico, etc.)*”. La mitad de los grupos de alumnos y alumnas dijeron que les alcanzó con lo que el docente de Materiales contó en la clase y la mitad restante manifestó que recurrieron a algunos documentos que los ayudó en la resolución, justificando esta búsqueda por no acordarse todo lo que el docente había contado.

Con respecto a si la notación utilizada en la exposición y en el ejercicio propuesto pudieron relacionarla con la utilizada en matemática y, por lo tanto, con los conceptos matemáticos involucrados, cinco de los grupos dijeron no haber tenido dificultad. Mencionaron que, el hecho que en la clase los docentes de ambas disciplinas hayan hecho hincapié en la diferencia en las notaciones y lenguajes les facilitó el entendimiento.

En la Figura 5, se muestran las justificaciones que escribieron algunos grupos que manifestaron que el ejercicio colaboró con la vinculación de los temas propuestos. El grupo restante no argumentó su respuesta. También se muestran las argumentaciones que hicieron los seis grupos al coincidir en el hecho de que la propuesta de resolver el ejercicio en forma grupal, los ayudó en su resolución.

Respuestas con respecto si el ejercicio colaboró con la vinculación de los temas	Respuestas con respecto si el hecho de resolver el ejercicio en forma grupal, los ayudó a resolverlo
La ejercitación ayudo a complementar la explicación dada en la clase. Hizo que lleváramos lo teórico a lo practico.	Creemos que ayudo ya que algunos compañeros no sabían como aplicar lo explicado y nos ayudamos entre todos.
Hizo que nos demos cuenta de que no es difícil tener que aplicar los temas de matemática y materiales.	En el intercambio de ideas surgieron muchos puntos de vista y de a poco fuimos llegando a un resultado en común, para lo cual nos tuvimos que vencer mutuamente.
Creo que nos ayudó a comprender del todo lo que hablamos con el profesor sobre la deformación, y a su vez, creo que sirve que apliquemos los conocimientos que aprendemos en las ciencias básicas, así mas o menos uno toma dimensión sobre lo fundamentales que son.	La puesta en común de opiniones y el debate grupal ayudó mucho en la resolución del ejercicio propuesto
Nos ayudó a terminar de entender la situación	En algunos momentos hacíamos cosas por nuestra cuenta pero estábamos de acuerdo en el concepto y pudimos resolverlo
Con la exposición pudimos entender la relación de los temas involucrados de las dos áreas, pero nunca viene mal hacer ejercicios y trabajar ya que refuerza las ideas y quizás queda todo más claro.	Hacerlo en grupo ayudo, ya que no fue una tarea tan sencilla. Entonces esta bueno pensar con tus compañeros, ya que cada uno puede aportar algo distinto y por ende resulta más fácil resolver la actividad.
	Si discutir y hacerlo en grupo es micho mejor porque tenemos ideas en comunes y no, por lo tanto podemos darnos cuenta de cosas que otro no, y así llegar a resolver el ejercicio.

Figura 5. Argumentaciones de los estudiantes sobre preguntas relacionadas al ejercicio propuesto

## Conclusión

Intentar realizar actividades de integración entre diversas materias es el desafío de transitar de una docencia que toma como unidad docente a cada profesor individual a otra en la que esas unidades docentes se amplían para integrar en ellas a todo el colectivo de docentes que trabajan las carreras de ingeniería.

Con esta propuesta nuestro objetivo fue motivar a los estudiantes en el aprendizaje de la matemática y además, que pudieran reconocer la importancia de la matemática como una herramienta necesaria en su formación como ingenieros. Para ello, se vincularon la deformación elástica por su relación con ley de Hooke y por ende, con la ecuación de una recta. A su vez, mostramos un ejemplo concreto de función a trozos (deformación elástica y plástica). Vinculamos las diversas notaciones y lenguajes utilizados en las distintas áreas disciplinares y también, trabajamos las unidades de medida, muchas veces relegadas en las clases de matemática.

Consideramos que pudimos cumplir el objetivo propuesto. En general, siempre que se realizan este tipo de actividades, la gran mayoría de los estudiantes lo consideran positivo y, en este caso, también resultó ser así de acuerdo a lo manifestado por ellos. Sin embargo, como en toda experiencia (áulica), debemos hacer un análisis más profundo para poder mejorar la propuesta.

Nos proponemos seguir trabajando tanto en la actual propuesta, como pensar en otras que puedan desarrollarse en las materias de ciencias básicas para favorecer el aprendizaje de las mismas, ya que el este mejora si los alumnos y alumnas son capaces de dar sentido a las cosas que estudian. Asimismo, esperamos que esta experiencia motive a otros docentes de asignaturas de ciencias básicas y de tecnológicas básicas, a dialogar y encontrar esas conexiones implícitas entre las distintas materias y diseñar propuestas para colaborar con los estudiantes en su formación universitaria.

### Agradecimientos

Agradecemos el aporte y la colaboración de ambos equipos docentes del cual somos parte, en especial a la Prof. Bárbara Zorba, a la Srita. Dolores Corva, a la Lic. María Fernanda Bertero, al Ing. Fernando Ruiz Diaz y al Ing. Juan Lacoste que gracias a los intercambios con nosotros nos han ayudado a reflexionar sobre la actividad realizada y serán protagonistas en las próximas que desarrollemos.

### Bibliografía

- Camilloni, A. (2001). *Aportes para un cambio curricular* en Argentina 2001. Secretaría de Asuntos académicos, UBA. I.S.B.N. 950-710-071-7
- Berisso, Daniel (2015). *¿Qué clase de dar es dar clase?*. Editorial Antropofagia.
- Cozzarín, A., Lopardo, E.; Saralegui, G.; Tovio, D.; González, A. (2008) "El desafío de adaptar los contenidos" VI Jornadas de CAEDI. 17 – 19 de Septiembre de 2008, Salta. ISBN 978-987-633-011-4
- Fernández Lamarra, N., Aiello M., Álvarez, M., Fernández, L., García, P., Grandoli, M. E., Ickowicz, M., Paoloni, P. y Perez Centeno, C. (2015). *La innovación en las Universidades Nacionales. Aspectos endógenos que inciden en su surgimiento y desarrollo*. Universidad Nacional de Tres de Febrero/ Provincia de Buenos Aires / Argentina Prólogo, Introducción y Partes I y IV.
- Trípoli, M. M., Torroba, P. L., Devece, E. y Aquilano, L. (2019). *Funciones trigonométricas, periódicas y oscilatorias: una propuesta de trabajo interdisciplinario*. En *V Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión de la Facultad de Ingeniería*. La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Zabalza, M.A. (2012). *Articulación y rediseño curricular: el eterno desafío institucional*. *Revista de Docencia Universitaria. REDU*. Vol. 10 (3) Octubre-Diciembre, pp. 17-48 <http://www.red-u.net/>