

El capítulo final está disponible en el libro titulado: Enseñanza de las Ciencias y problemas relevantes para la ciudadanía (pp. 153 – 174). Editorial GRAÓ. 2021. ISBN: 978-84-18058-95-0

<https://www.grao.com/libros/ensenanza-de-las-ciencias-y-problemas-relevantes-de-la-ciudadania-41515>

## **Secuencia de actividades de argumentación para estudiantes de ingenierías industriales**

María José Cano Iglesias [mjcano@uma.es](mailto:mjcano@uma.es)

Antonio-Joaquín Franco-Mariscal [anjoa@uma.es](mailto:anjoa@uma.es)

Ángel Blanco-López [ablancol@uma.es](mailto:ablancol@uma.es)

Facultad de Ciencias de la Educación, Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Málaga, Campus de Teatinos s/n. 29071, Málaga, Spain

## Capítulo X

### Secuencia de actividades de argumentación para estudiantes de ingenierías industriales

María José Cano Iglesias<sup>1</sup>, Antonio Joaquín Franco-Mariscal<sup>2</sup> y Ángel Blanco-López<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Málaga. Dpto. de Ingeniería Civil, de Materiales y Fabricación. Área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación.

<sup>2,3</sup> Universidad de Málaga. Didáctica de las Ciencias Experimentales.

Emails: <sup>1</sup>mjcano@uma.es; <sup>2</sup>anjoa@uma.es; <sup>3</sup>ablancol@uma.es

**Resumen:** La argumentación científica se considera una competencia general que un ingeniero debe alcanzar y constituye asimismo una dificultad recurrente en la literatura según la cual los ingenieros presentan deficiencias en sus habilidades comunicativas cuando intentan expresar razonamientos formales sobre la solución de un problema. Con idea de favorecer el desarrollo de esta competencia en estudiantes de ingeniería, se presenta una secuencia de actividades sobre argumentación científica-tecnológica implementadas como estudio piloto con 58 estudiantes del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales de la Universidad de Málaga. La secuencia plantea actividades encaminadas a la iniciación en la argumentación e introducción al empleo de rúbricas para evaluar argumentos, la elaboración y el análisis de argumentos completos, y la construcción de contraargumentos. Estas actividades se plantean tanto en contextos cotidianos relacionados con la ingeniería tales como la elección de un cuadro de una bicicleta, soldar una tubería en casa o la fabricación de una escoba o un destornillador, y en situaciones reales como futuros profesionales tales como en la inspección técnica de una estructura metálica en una obra o la toma de decisión sobre la implantación de una central, eléctrica o salina, que sea más respetuosa con el medio ambiente.

## **1. Introducción**

La argumentación es una práctica científica relevante en la educación científica y consiste en ser capaz de evaluar declaraciones basadas en pruebas. Implica asimismo reconocer que en la ciencia, las conclusiones y declaraciones deben estar justificadas, es decir, respaldadas por pruebas (Jiménez-Aleixandre, 2010).

La argumentación puede plantearse en el proceso de enseñanza-aprendizaje sobre cualquier problema, ya sea exclusivamente científico, tecnológico o socio-científico, siendo importante disponer de modelos adecuados que permitan diseñar y evaluar actividades de argumentación en el aula. En este esfuerzo, el modelo de Toulmin (2003) y la adaptación de Jiménez-Aleixandre (2010) destacan para facilitar la comprensión de los elementos esenciales de un buen argumento: pruebas, justificaciones y conclusiones. Del mismo modo, el esquema de progreso de la argumentación propuesto por Osborne et al. (2016), facilita también avanzar en los distintos niveles de construcción de argumentos y crítica. Por otra parte, el uso de rúbricas y e-rúbricas (Evagorou y Avraamidou, 2008) en el aula para evaluar la argumentación se muestra también como una herramienta eficaz para ayudar a los estudiantes a entender los elementos de la argumentación y poder elaborar buenos argumentos.

En el ámbito universitario, la promoción de las habilidades de razonamiento y argumentación tiene un papel relevante en las competencias que deben adquirir los estudiantes (Andrews et al., 2006; Mercier & Sperber, 2011), y por ello, la educación superior tiene una responsabilidad ineludible en la promoción de estas habilidades (Mouraz et al., 2014). Centrándonos en el campo de la ingeniería, las habilidades argumentativas son de gran importancia, no solo porque les permite apoyar de manera razonada una idea en la resolución de un problema, sino porque también permiten a los ingenieros justificar cuál es la mejor de sus propuestas de acuerdo con los requisitos del cliente y la normativa vigente (De Castro, Torres & Candelo, 2015). Es por ello que el desarrollo de la argumentación en ingenieros se presente como una competencia general a alcanzar en el Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales, recogida como “la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética [...], que sepan aplicar sus conocimientos [...] y posean las competencias que suelen demostrarse por

medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio, [...] y que puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado”(Ministerio de Educación y Ciencia, 2007).

En definitiva, aprender a argumentar no solo es esencial para persuadir al interlocutor sobre la posición del ingeniero, sobre un problema o sobre la solución al mismo (Jonassen, & Kim, 2010), sino también para salvar uno de los principales obstáculos encontrados en la literatura, que no es otro que las dificultades en las habilidades comunicativas que encuentran los ingenieros al expresar los razonamientos formales sobre la solución de un problema (Holvikivi, 2007; Escudeiro, Barata, & Lobo, 2011; Nussbaum & Schraw, 2007). De acuerdo con Yalvac, Smith, Troy & Hirsch (2007) es necesario poner mayor énfasis en formar a los estudiantes de ingeniería en argumentación científica para lograr un impacto importante en el resultado de su aprendizaje en ciencia y tecnología. Es, por ello, que con idea de favorecer el desarrollo de estas habilidades en ingenieros industriales, este capítulo presente una secuencia de actividades para desarrollar la argumentación y la contraargumentación científico-tecnológica.

## **2. Descripción de la secuencia de actividades formativas**

La secuencia de actividades que aquí se presenta tiene una duración de 9 horas y se ha diseñado para que ingenieros industriales en formación puedan adquirir las habilidades relacionadas con la argumentación científico-tecnológica. La secuencia trabaja dos líneas para favorecer la adquisición de esta destreza, por una parte la identificación y construcción de argumentos y contraargumentos, y por otra, el análisis de argumentos a través de la evaluación, que en función de la actividad la realiza el propio estudiante, otro compañero o el profesor.

La secuencia se ha implementado con 58 estudiantes del Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales de la Universidad de Málaga en las asignaturas “Ingeniería de Fabricación” (N=38) y “Soldadura” (N=20) del segundo y cuarto cursos, respectivamente. La mayoría de los estudiantes eran hombres.

La Tabla 1 clasifica las actividades incluidas en la secuencia, ordenadas según los

niveles de progresión de la argumentación de Osborne et al. (2016). Ofrece asimismo información sobre los conocimientos científico-tecnológicos que se abordan y los aspectos de la argumentación y evaluación que se trabajan en cada una de ellas.

*Tabla 1. Secuencia de actividades de argumentación para ingenieros*

Orden	Título de la actividad	Argumentación	Evaluación	Conocimiento científico-tecnológico	Horas
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Introducción a la argumentación y a la rúbrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concepto de argumentación.</li> <li>Concepto de argumento y sus elementos.</li> <li>Modelo de Toulmin.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concepto de rúbrica</li> </ul>		1,5
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elección del cuadro de una bicicleta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proporcionar e identificar pruebas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Autoevaluación con rúbrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Propiedades de materiales</li> </ul>	1
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Central salina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaborar y analizar argumentos completos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Autoevaluación con rúbrica</li> <li>Evaluación por pares con rúbrica</li> <li>Comparación de evaluaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuentes de energía</li> </ul>	1
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inspección de una estructura metálica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaborar y analizar argumentos completos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Puesta en común</li> <li>Evaluación con rúbrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Defectos superficiales en soldadura</li> </ul>	1,5
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definición de soldar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaborar un contraargumento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Puesta en común</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Términos en Ingeniería de Fabricación</li> </ul>	0,5
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Soldadura blanda en casa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaborar un contraargumento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Puesta en común</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procesos de unión</li> </ul>	0,5
7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procesos de fabricación de utensilios cotidianos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicación de los conceptos aprendidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Puesta en común</li> <li>Evaluación por pares con rúbrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Materiales y procesos de fabricación convencionales</li> </ul>	3

Cada actividad está formada por una o más tareas, que se pueden agrupar en función de los objetivos que se pretendan alcanzar. Así, podemos considerar:

- Actividades de iniciación a la argumentación (actividades 1 y 2), en las que la profesora (primera autora de este trabajo) introduce los conceptos teóricos sobre argumentación, el modelo de Toulmin y el concepto de la rúbrica.
- Actividades sobre elaboración y análisis de argumentos completos y contraargumentación (actividades 3, 4, 5 y 6), en las que el estudiante pone en práctica los conocimientos de argumentación ya adquiridos.
- Actividades sobre aplicación y síntesis (actividad 7) sobre argumentación y

contraargumentación, así como de reflexión sobre aprendizaje o evaluación, que se realizan de forma individual o en grupo.

Seguidamente se describen cada una de las actividades.

### 2.1. Actividad de introducción a la argumentación y a la rúbrica

Como actividad inicial, la profesora introdujo los aspectos teóricos de la argumentación, el modelo de argumentación de Toulmin (2003) y el modelo simplificado propuesto por Jiménez-Aleixandre (2010). Se abordó también el empleo de una rúbrica para evaluar argumentos (Cebrián, Franco-Mariscal & Blanco, 2018) y comprender los criterios de análisis de respuestas de las tareas que se van realizando a lo largo de la secuencia. La Tabla 2 ilustra la rúbrica base (Cebrián, Franco-Mariscal & Blanco, 2018) que se presentó a los estudiantes como una rúbrica general para evaluar argumentos, y que puede ser adaptada a cada actividad concreta. Como se observa, incluye cuatro niveles de logro para cada uno de los elementos de la argumentación (conclusiones, pruebas y justificaciones).

Tabla 2. Rúbrica base para evaluar argumentos (adaptada de Cebrián, Franco-Mariscal & Blanco, 2018)

Conclusiones			
1 No se plantea conclusión alguna	2 Conclusión inadecuada para la cuestión planteada	3 Conclusión adecuada, pero poco precisa desde el punto de vista científico-tecnológico	4 Conclusión adecuada y precisa desde el punto de vista científico-tecnológico
Pruebas			
1 No proporciona prueba alguna	2 Solo proporciona pruebas inadecuadas (que no apoyan la conclusión)	3 Proporciona pruebas apropiadas, pero insuficientes para apoyar la conclusión. Algunas pueden ser inadecuadas	4 Proporciona pruebas suficientes y apropiadas
Justificación			
1 No hace ninguna justificación	2 Hace una justificación que no relaciona las pruebas con la conclusión	3 Proporciona una justificación que relaciona las pruebas con la conclusión. Repite la/s prueba/s y/o incluye algunas ideas científicas-tecnológicas, pero no son suficientes	4 Proporciona una justificación que relaciona la conclusión con las pruebas. Incluye ideas científicas-tecnológicas apropiadas y suficientes

## 2.2. Actividad “Elección del cuadro de una bicicleta”

El objetivo de esta actividad es proporcionar e identificar pruebas como un paso previo a la elaboración de argumentos científico-tecnológicos. Para ello, se trabajan en un contexto cotidiano de la compra de una bicicleta, conceptos afines al perfil de un estudiante de ingeniería, como son las propiedades de materiales, los aspectos tecnológicos de procesado, unión y/o reparación, la vida útil del material, o los aspectos económicos, entre otros. La figura 1 recoge el enunciado de la actividad.

*Vas a comprarte una bicicleta y obligatoriamente tienes que elegir una de las dos que se muestran en la imagen (la diferencia es el material del cuadro). Indica cual elegirías y justifica razonadamente por qué eliges ese cuadro respecto al otro.*



**Opción A.** Bicicleta con cuadro de acero



**Opción B.** Bicicleta con cuadro de aluminio

Figura 1. Enunciado de la actividad “Elección del cuadro de una bicicleta”.

Se pretende que los estudiantes tomen una decisión en función de las pruebas y justificaciones que consideren más relevantes, relacionadas con las características:

- fisicoquímicas de los materiales utilizados en los cuadros de la bicicleta (peso, densidad, resistencia a la corrosión, etc.) (véase a modo de ejemplo el argumento del estudiante A en la figura 2),
- tecnológicas (propiedades mecánicas, facilidad de procesado, reparación, etc.), (véase argumento del estudiante B, figura 2),
- económicas (precio) (véase argumento del estudiante C, figura 2),
- o incluso preferencias y opiniones personales, para elegir un material u otro (véase argumento del estudiante D, figura 2).

Argumento del estudiante A

<p>De aluminio, ya que este material es mas resistente a la corrosión y es más ligera, se oxida menos que el acero.</p>
<p><b>Argumento del estudiante B</b></p> <p>Si nos fijamos en el cuadro, prefiriría el de acero por su resistencia y por calidad-precio. El aluminio es más ligero pero más caro.</p>
<p><b>Argumento del estudiante C</b></p> <p>Elegiría la bicicleta con cuadro de acero, ya que tiene mayor vida útil, absorbe mejor las vibraciones, es más resistente que si fuese de aluminio, y además, en caso de rotura es más fácil de soldar.</p>
<p><b>Argumento del estudiante D</b></p> <p>Teniendo en cuenta que tengo dinero suficiente para ambos elegiría lo de aluminio ya que es más ligero que el acero, cosa importante en una bici, siendo a la vez el aluminio resistente.</p>

Figura 2. Argumentos dados por varios estudiantes a la actividad “Elección del cuadro de una bicicleta”.

Una vez que los estudiantes respondieron, se planteó una puesta en común para identificar las pruebas en los argumentos escritos y clasificarlas según los apartados descritos. Esto les permitió comprender mejor el concepto de prueba y ser conscientes de la variedad de éstas aportadas por los compañeros.

La siguiente tarea consistió en la autoevaluación de los argumentos completos dados por los estudiantes con una rúbrica adaptada de la rúbrica base (Tabla 2). Finalmente debían evaluar los niveles de logro alcanzados en su respuesta a través de la rúbrica.

### 2.3. Actividad “Central salina”

Esta actividad (Figura 3), tomada de Cebrián, Franco-Mariscal & Blanco (2020), plantea argumentar en torno a si una central salina es más o menos respetuosa con el medio ambiente que una central eléctrica que utiliza combustibles fósiles. Desde el punto de vista de la argumentación plantea elaborar y analizar argumentos completos. Por un lado, se pretende que el estudiante sea capaz de emitir una conclusión basada en una serie de pruebas debidamente justificadas (un argumento completo), y, por otro



lado, que sea capaz de evaluar, tanto su argumento como los de otros compañeros, de forma objetiva, mediante el empleo de una rúbrica específica.

La siguiente figura muestra un nuevo tipo de central eléctrica ubicada en un lugar en el que el agua dulce de un río se encuentra con agua de mar. La central eléctrica utiliza la diferente concentración de sal de los dos cuerpos de agua para producir electricidad. En la central eléctrica, el agua dulce del río se bombea a través de una tubería hacia el interior de un tanque, el agua salada del mar se bombea hacia el interior de otro tanque. Los dos tanques están separados por una membrana que solo pueden traspasar las moléculas de agua.

De forma natural, las moléculas de agua traspasan la membrana, yendo del tanque que tiene baja concentración de sal. Esto aumenta el volumen y la presión del agua en el tanque que contiene agua salada. El agua del tanque de agua salada sometida a una alta presión, fluye entonces a través de una tubería y mueve una turbina para generar electricidad.

¿Consideras esta nueva central eléctrica más respetuosa con el medio ambiente que las centrales eléctricas que utilizan combustibles fósiles? Justifica tu respuesta.

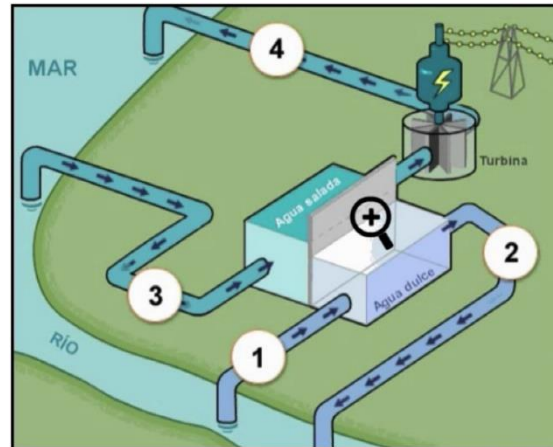


Figura 3. Enunciado de la actividad “Central salina” (Cebrián, Franco-Mariscal & Blanco, 2020)

A modo de ejemplo, la figura 4 presenta el argumento dado por el estudiante E.

Si, la nueva central eléctrica será más respetuosa con el medio ambiente. La eliminación del uso de fósiles conllevará a una menor contaminación, menor emisión de CO<sub>2</sub> que si se utilizaran fósiles.

Ahora bien, habría que estudiar si el rendimiento sacado, el número de turbinas, y si es viable la inversión en la estructura de la central eléctrica.

Figura 4. Argumento dado por un estudiante de ingeniería a la actividad “Central salina”

Seguidamente se llevó a cabo una autoevaluación del argumento, y a continuación, una evaluación entre pares, ambas con una rúbrica específica (tomada de Cebrián, Franco-Mariscal & Blanco, 2020) para esta tarea. En la evaluación entre pares, de forma anónima, cada estudiante debía evaluar el argumento de otro compañero, indicando el nivel de logro para cada uno de los elementos del argumento (pruebas, justificación y

conclusión), justificando esta evaluación. Finalmente, cada estudiante tenía que emitir un informe justificado de la comparación de su autoevaluación con la realizada por otro compañero.

#### 2.4. Actividad “Inspección de una estructura metálica”

Esta actividad solicita elaborar un argumento completo a partir de la información dada por un inspector sobre los defectos detectados en la soldadura de una estructura metálica de una nave industrial (Figura 5).

“Ayer, en una inspección que hicimos de una estructura metálica de una nave industrial, me topé con un problema muy habitual. Tomaron sus precauciones, pararon de soldar en su momento y por lo menos lo hicieron con electrodo con revestimiento ácido de rutilo E-6013. Tomé las fotos necesarias<sup>1</sup> para el informe y cuando se lo comenté al encargado se sorprendió de que me hubiera dado cuenta de lo que había pasado.”



¿En que crees que se basa el inspector para detectar el problema?. Argumenta tu respuesta.

Figura 5. Enunciado de la actividad “Inspección de una estructura metálica”.

La información ofrecía suficientes pruebas para que el estudiante apoyado en sus conocimientos teóricos pudiese emitir una conclusión argumentada. Se buscaba que apreciase, a través de la imagen, la existencia de poros a lo largo de todo el cordón de soldadura, los cuales están relacionados con problemas de humedad. Asimismo, debía constatar que la humedad no provenía de la mala conservación del electrodo revestido usado, al tratarse de un revestimiento ácido que no absorbe la humedad. Por otro lado, debía darse cuenta de que probablemente la estructura metálica que se estaba soldando se encontrase a la intemperie, y por tanto, el problema habría sido originado por la lluvia. Posiblemente los soldadores pararon de soldar cuando empezó a llover y reanudaron el trabajo cuando cesó la lluvia, pero con la estructura mojada.

A modo de ejemplo, un argumento dado por el estudiante F fue: “En el cordón de soldadura parece que hay porosidad superficial. Su aparición puede deberse a la

---

<sup>1</sup> Imagen basada en <http://blogdelsoldador.blogspot.com/2010/08/no-debemos-soldar-con-humedad-o-bajo-la.html> (Consulta: 01/06/20)

*humedad. O han realizado incorrectamente el cordón de soldadura o ha llovido”.*

Luego, se hizo una puesta en común para identificar las pruebas a través de las cuales construir una justificación y establecer una conclusión. Entre todos los estudiantes se construyó una argumentación completa, que posteriormente se analizó mediante rúbrica para identificar y analizar todos sus elementos.

### 2.5. Actividad “Definición de soldar”

Esta actividad pretende que el estudiante contraargumente una definición propuesta en el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española de un término muy empleado en la asignatura. Así, se plantea la idoneidad de la definición dada por la RAE (2019) para el término “soldar”, acorde a los contenidos teóricos presentados en la asignatura. Se escogió esta definición porque siendo de una autoridad en el ámbito lingüístico, es muy imprecisa e incompleta con respecto a lo estudiado. La actividad se presentó con el enunciado:

*Según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, soldar se define como “pegar y unir sólidamente dos cosas, o dos partes de una misma cosa, normalmente con alguna sustancia igual o semejante a ellas”<sup>2</sup>. ¿Estás de acuerdo con esta definición? ¿Consideras que está completa o incompleta? Argumenta tu respuesta.*

La mayoría de los estudiantes fueron capaces de reconocer en su respuesta que la definición era incompleta, como se aprecia en el argumento del estudiante G (Figura 6). Solo algunos estudiantes indicaron la falta de precisión en la definición (argumento del estudiante H, Figura 6).

#### Argumento del estudiante G

*Esta incompleta porque no tiene por qué unirse dos materiales iguales y el componente añadido tampoco tiene por qué ser semejante. Además hay muchos tipos de uniones, tampoco tiene por qué unirse dos cosas creando un bloque sólido y macizo.*

<sup>2</sup> Real Academia de la Lengua Española (2019). Definición de Soldar. Diccionario de la Lengua Española, edición digital. En: <https://dle.rae.es/soldar>.

### Argumento del estudiante H

La definición es correcta pero usa un lenguaje coloquial y poco técnico. Con el término "cosas" debería hacer referencia a qué tipos de materiales aplica. Además, en la definición no se hace referencia a soldadura autógena ni habla de las distintas técnicas de unión por soldadura (por fusión, fuerte-blanda...)

Figura 6. Argumentos de varios estudiantes a la actividad “Definición de soldar”.

Los estudiantes se centraron en el hecho de que la definición estaba incompleta, ya que no se especificaban las familias de materiales a las que aplica, ni la necesidad o no de material de aporte, de calor o presión. Algunos indicaron que la definición era poco precisa y con lenguaje poco técnico y solo unos pocos la consideró adecuada y completa sin añadir nada más a su argumento.

Una vez realizada esta tarea se llevó a cabo una puesta en común para identificar y consensuar las deficiencias contenidas en la definición de la RAE. Esto permitió construir una definición más completa y precisa de “soldar”, que es un concepto clave en estas dos asignaturas. La profesora aprovechó este momento para ayudar a los estudiantes a reflexionar el significado de la contraargumentación y como ésta se centra en identificar y justificar las fortalezas y debilidades de argumentos que no son propios.

Adicionalmente, otras actividades que se llevaron a cabo en el aula estuvieron encaminadas al análisis de otras definiciones relacionadas con la asignatura, obtenidas de diversas páginas web (por ejemplo, Wikipedia) para inculcar a los estudiantes el espíritu crítico en el análisis de información de fuentes que, a priori, se podrían considerar fiables.

### 2.6. Actividad “Soldadura blanda en casa”

Esta actividad aborda la contraargumentación a partir del análisis de un procedimiento de trabajo, en concreto de soldadura, muy común en este ámbito presentado en un contexto de la vida diaria. La actividad se presentó con el siguiente enunciado:

*Estoy de obras en mi cocina y el albañil está realizándome la instalación de agua. Utiliza para ello, tuberías de cobre con sus correspondientes accesorios (codos, prolongaciones...) del mismo material. Limpia los tubos y accesorios, coloca el fundente, calienta la zona a unir con una llama de butano y aplica el material de aporte*

*(una aleación de estaño y plata al 3,5%). Inmediatamente después, abre la llave de paso del agua para limpiar la tubería por dentro y verificar que no haya fugas. ¿Estás de acuerdo con esta forma de operar? ¿Lo realizarías de otra forma? Argumenta tu respuesta.*

En esta cuestión el estudiante debe indicar que, dependiendo del material, si éste es calentado por encima de ciertos valores de temperatura no debería enfriarse bruscamente ya que pueden aparecer estructuras de temple que son muy frágiles. Por tanto, el alumnado debería indicar que el operario no está realizando el trabajo correctamente y proponer un enfriado lento hasta temperatura ambiente de la tubería de cobre. Una vez frío, es cuando debe limpiar la unión (por dentro y por fuera) ya que el fundente puede ser corrosivo.

Un contraargumento dado por el estudiante I fue: *“Aunque en mi casa cuando hicimos obras actuaron de esa forma, no es bueno el enfriado rápido por aparición de temple, se debería haber dejado enfriar poco a poco y después limpiar.”*

### *2.7. Actividad “Procesos de fabricación de utensilios cotidianos”*

El objetivo de esta actividad es que los estudiantes apliquen lo ya aprendido sobre argumentación y contraargumentación realizando un trabajo relativo a materiales y posibles procesos de fabricación y ensamble en función de los materiales elegidos, de elementos cotidianos de uso doméstico. Se propuso dar respuesta a la cuestión: *¿Cómo fabricarías el siguiente elemento cotidiano? ¿Qué alternativas crees que hay? ¿Cuál de ellas elegirías y por qué?* Como elemento cotidiano, se propusieron un destornillador, una escoba, un cepillo de dientes, un espejo de tocador o una lata de refrescos, entre otros. Cada estudiante debía elegir uno de los utensilios propuestos.

Esta actividad se realizó en cuatro fases:

- Fase 1. El estudiante debe responder de forma individual las cuestiones planteadas sobre su utensilio elegido. Para ello, debe construir su argumento completo en base al conocimiento adquirido en la asignatura, sus ideas personales, experiencia, etc. Esta fase corresponde al nivel de argumentación de construcción de argumentos sin acceder a fuentes de información (nivel 1C según Osborne et al., 2016).

- Fase 2. Los estudiantes deben recopilar información de forma individualizada para mejorar el argumento construido en la fase 1. Esta fase trabaja la construcción de argumentos completos a partir de información (nivel 1C de Osborne et al., 2016).
- Fase 3. Los estudiantes ponen en común su argumento mejorado con aquellos otros estudiantes que habían elegido su mismo utensilio. Cada alumno debe defender su argumento ante el grupo y después de un periodo de discusión de las ventajas e inconvenientes de los argumentos individuales, cada grupo de forma elabora un argumento consensuado. En esta fase se trabaja la elaboración de contraargumentos (nivel 1D), la crítica a argumentos de otras personas (nivel 2A) y elaboración de un argumento completo realizando una comparativa constructiva de las propuestas consideradas (nivel 2B o 2D de Osborne et al., 2016).
- Fase 4. Cada grupo exponer en clase su propuesta argumentada sobre la fabricación del utensilio cotidiano y debaten con la profesora y compañeros. Tanto en la discusión como evaluación se trabajó la cotraargumentación. Finalmente, la profesora evaluó la propuesta con una rúbrica.

El siguiente ejemplo muestra la evolución del argumento dado por un estudiante en la fase 1 y el argumento completo planteado al final de la fase 3 para la fabricación de una escoba.

Argumento (Fase 1): *“Elegiría un proceso de extrusión para el tubo y las fibras y uno de inyección para el soporte”.*

Argumento (Fase 3): *“[...] Una escoba se puede despiezar en tres elementos básicos: el mango, el soporte y las cerdas. Dependiendo del uso que se pretenda dar, se pueden optar por distintos materiales y procesos. Para el mango, tradicionalmente se optaba por madera, fabricándolo por torneado, pero hoy día se encuentran en el mercado de material polimérico (fabricados por extrusión) o metálicos (mediante laminación con rodillos de forma) y recubiertos de una película de plástico, pero estos últimos suelen tener problemas de corrosión). El soporte actualmente suele ser de plástico (obtenido por inyección de polímeros). Las cerdas, tradicionalmente eran de paja, cosidas y*

*amarradas al mango, pero hoy día, dependiendo de si es para uso exterior o interior, son de distintos tipos de polímero, y se pueden fabricar por hilatura. La unión de estos elementos también depende del material seleccionado [...]. Dado que hoy día se está buscando eliminar plásticos, lo más amigable con el medio ambiente es trabajar con materiales naturales que no contaminen una vez terminen su vida útil, por lo que nuestra mejor opción es la escoba tradicional de madera y fibras naturales, aunque sea la menos estética”.*

### **3. Consideraciones finales**

Debido a que el desarrollo de la argumentación es una de las competencias generales a alcanzar en el Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales (Ministerio de Educación y Ciencia, 2007), es importante introducir actividades encaminadas en este sentido. No obstante, no es una práctica común en este Grado, hecho que se pudo comprobar por la aptitud de desconcierto inicial por parte de los estudiantes cuando se plantearon este tipo de actividades en el aula. Al tratarse de una secuencia de actividades con carácter transversal a los contenidos teóricos de las asignaturas, los estudiantes no terminaron de involucrarse completamente.

Por último, la secuencia presentada se ha implementado como estudio piloto en el Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales de la Universidad de Málaga, pero podría ser extensible a otros grados científico-tecnológicos, con similitudes en los contenidos teóricos que se trabajan.

### **4. Referencias**

Andrews, R., Bilbro, R., Mitchell, S., Peake, K., Prior, P., Robinson, A., See, B. H & Torgerson, C. (2006). *Argumentative skills in first year undergraduates: A pilot study*. York: The Higher Education Academy.

Cebrian, D., Franco-Mariscal, A.J. & Blanco, A. (2018). Preservice elementary science teachers' argumentation competence: impact of a training programme. *Instructional Science*, 46, 789-817.

Cebrián, D., Franco-Mariscal, A.J & Blanco, A. (2020). Secuencia de tareas para enseñar la argumentación en ciencias a profesorado en formación inicial. Ejemplificación en una actividad sobre una central salina. *Perfiles Educativos*.

- De Castro, A.E., Torres, L. & Candelo, J. (2015). Argumentación en ingeniería: un estudio en dos universidades colombianas. En J. Escamilla, V. Sánchez, Z. González & A. Pérez (Coords.), *Memorias del II Congreso Internacional de Innovación Educativa, Transformando la educación para los retos del futuro, CIIE Revista del Congreso Internacional de Innovación Educativa* (pp. 442-447). México: Tecnológico de Monterrey.
- Escudeiro, N., Barata, A. & Lobo, C. (2011). Enhancing students teamwork and communication skills in international settings. *Proceedings of 2011 International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET 2011)* (pp. 57-64). Turkey: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
- Evagorou, M., & Avraamidou, L. (2008). Technology in support of argument construction in school science. *Educational Media International*, 45(1), 33–45.
- Holvikivi, J. (2007). Logical reasoning ability in engineering students: a case study. *IEEE Transactions on Education*, 50(4), 367-372.
- Jiménez-Aleixandre, M.P. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas* (Vol. 12). Barcelona (Spain): Graó.
- Jonassen, D.H. & Kim, B. (2010). Arguing to learn and learning to argue design justifications and guidelines. *Educational Technology Research and Development*, 58(4), 439-457.
- Mercier, H. & Sperber, D. (2011). Why do humans reason? Arguments for an argumentative theory. *Behavioral and Brain Sciences*, 34, 57-11.
- Ministerio de Educación y Ciencia (2007). *Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales*. BOE num. 260, 30 de octubre.
- Mouraz, A., Leite, C., Trindade, R., Martins, J. M., Faustino, A. M. & Villate, J. (2014). Argumentative skills in higher education: A comparative approach. *Journal of Education & Human Development*, 3(1), 279-299.
- Nussbaum, E. M., & Schraw, G. (2007). Promoting argument-counterargument integration in students' writing. *The Journal of Experimental Education*, 76(1), 59-92.
- Osborne, J., Henderson, J. B., MacPherson, A., Szu, E., Wild, A., & Yao, S. (2016). The development and validation of a learning progression for argumentation in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(6), 821–846.



Toulmin, S. E (1958). *The uses of argument* (2003, 3rd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.

Yalvac, B., Smith, H.D., Troy, J.B. & Hirsch, P. (2007). Promoting advanced writing skills in an upper-level engineering class. *Journal of Engineering Education*, 96(2), 117-128.