

## **Resolución creativa de problemas para estudiantes de ingeniería**

**Ing. Osvaldo Sposito**, UNLaM, sposito@unlam.edu.ar

**Ing. Carlos Lerch**, UNLaM, clerch@unlam.edu.ar

**Ing. Hernán Mavrommatis**, UNLaM, mavrommatis@unlam.edu.ar

**Resumen**— Mientras se escriben estas líneas se está realizando la prueba piloto del Taller de Resolución Creativa de Problemas, para estudiantes de primer año de todas las carreras de ingeniería en el ciclo básico. Este Taller, fue concebido y diseñado en base a una construcción colaborativa entre docentes y autoridades del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT) perteneciente a la Universidad Nacional de la Matanza (UNLaM), en el marco del proyecto denominado “*Procesos de implementación de un modelo pedagógico integrando CDIO (Concebir, Diseñar, Implementar y Operar) y STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemática)*”, CyTMA2, con número de protocolo C2-ING-050.

La idea principal del presente documento es compartir el conocimiento adquirido a través de la capitalización de las “*lecciones aprendidas*” acumuladas durante todo el proceso de concepción y diseño del Taller y el aprendizaje que queda por delante en base a las acciones que se propusieron para la puesta en marcha y continuidad de dicho Taller. Ello así, en virtud de entender dicha acumulación de experiencia y conocimiento, representa un aporte nuevo y valioso que trasciende el interés de aquellos involucrados en esta experiencia.

**Palabras clave**— *estudiantes, creatividad, problemas.*

### **1. Introducción**

La resolución de problemas prácticos de la vida corriente, esos a los que se dedican los ingenieros, debiera ser un tema atendido durante toda una carrera de ingeniería, porque permite a los estudiantes acercarse a lo que será, su actividad más frecuente en la profesión.

La esencia de la ingeniería es crear nuevos productos y procesos en respuesta a nuevas necesidades y problemas. Dicho en otras palabras, brindar soluciones creativas. Es por ello por lo que se consideró a la creatividad un tema fundamental a desarrollar [1]. Puesto que la profesión de ingeniero se dedica específica y fundamentalmente a la solución de problemas técnicos prácticos, esos problemas que aquejan a la sociedad. Realizar esta actividad durante todo el cursado, podría contribuir a hacer más atractivas las carreras, dado que el tema, -con similitud a lo que se realiza en la práctica real de la ingeniería- acompañaría a las disciplinas básicas.

Dichas disciplinas son las que los estudiantes generalmente no relacionan con la atención de problemas reales, y suelen inclusive no entender la necesidad de cursarlas en su carrera. Las teorías que se enseñan en esas disciplinas se lo hacen desproblematizadas, como si hubieran surgido como producciones abstractas de mentes brillantes, desconectadas de cualquier problema real, aunque esto no sea así. Nada se dice sobre la problemática histórica en la que se desarrollaron, y las razones que las dispararon. La falta contextualización de lo que se estudia, explica la necesidad de hacerlo, pero se considera difícil que se lo pueda hacer adecuadamente en cada una de las asignaturas, a cargo de especialistas de la enseñanza de temas disciplinarios, los que pueden inclusive ignorar el rol que dichos temas tienen en la ingeniería, -y menos en su aplicación directa a problemas cotidianos- sin que eso condicione su competencia en su especialización.

Las actividades propuestas de “*Resolución de Problemas*”, -o mejor aún “*Resolución Creativa de Problemas*”, CPS según sus siglas en inglés- ideando y concibiendo soluciones, diseñándolas adecuada y detalladamente, para a partir de ellas poder formular y luego ejecutar proyectos que le den vida a la solución, serán una real solución si luego es operada y mantenida a lo largo del tiempo, para satisfacer así las necesidades de una población. Estas son, sin lugar a duda, las actividades paradigmáticas de la ingeniería y de la profesión de los ingenieros [2], las cuales se encuentran alineadas con los modelos tomados como referencias conceptuales en el marco del proyecto antes referido.

## **2. Antecedentes**

Desde el enfoque de gestión educativa se conoce un tema que fue, y sigue siendo relevante para los distintos actores del sistema educativo, las industrias y la sociedad en general, la escasez de ingenieros, “*según datos del Centro Argentino de Ingenieros, 7 de cada 10 industrias tiene dificultad para reclutar ingenieros*” [3], muy vinculado a la deserción de alumnos de ingeniería. Teniendo en cuenta estas preocupaciones y considerando el Plan Estratégico de Formación de Ingenieros (PEFI) [4], desde el Departamento de Ingeniería de la Universidad se implementaron una serie de iniciativas tendientes a revertir dicha situación. Una de ellas se ocupa, desde el 2012, de realizar intervenciones pedagógicas para la inclusión de metodologías activas de aprendizaje en el ciclo de ciencias básicas [5].

Desde el lado del cuerpo docente, hubo distintos actores que estuvieron acompañando las acciones para comprender y revertir la deserción. Se tiene por caso al segundo autor del presente documento quien, además de acompañar varias de las iniciativas antes mencionadas, participó de la creación las carreras de Ingeniería Industrial y de Arquitectura, y que actualmente es profesor en la carrera de Ingeniería Industrial en la asignatura “*Innovación Tecnología y Creatividad*”, hoy en día reemplazada por “*Emprendedorismo e Innovación*”.

Otro profesor, que en el 2014 se unió a dicha asignatura es el caso del tercer autor del presente documento, quien además trabajó desde el 2012 como colaborador en distintas iniciativas del Departamento de Ingeniería en este sentido. Dicho autor, como egresado de Ingeniería en Electrónica de la UNLaM se entusiasmó al conocer la existencia de dicha asignatura, debido que a diferencia de en la época en que él cursó, los estudiantes ahora tenían una materia para desarrollar el pensamiento creativo en ingeniería, cuestión que se considera fundamental para formar a un ingeniero [6]. Pero, su contento duró poco al ver que únicamente la carrera de Ingeniería Industrial poseía dicha asignatura.

El encuentro de estos dos profesores en dicha asignatura les permitió comprender que ambos poseían intereses en común, por un lado, hacer que los estudiantes de ingeniería no abandonaran de forma temprana la carrera y por otro lado desarrollar tanto el pensamiento ingenieril como el pensamiento creativo en los estudiantes de todas las carreras de ingeniería desde su ingreso.

A finales del año 2015 dichos profesores fueron convocados por el Decanato del Departamento de Ingeniería, a cargo del primer autor del presente documento, para que colaboren con el diseño de un Taller de Resolución de Problemas para los estudiantes de todas las carreras de ingeniería que se quería implementar desde el mencionado Departamento. Consecuentemente, y de modo colaborativo distintos interesados en la temática se unieron, y acompañados por las autoridades referidas, comenzaron a construir y estudiar distintos conceptos sobre el tema en cuestión. Para que luego de más de un año y medio de trabajo sostenido se pudiera tener un diseño preliminar de lo que finalmente se denominó Taller de Resolución Creativa de Problemas. La idea principal era que los estudiantes de primeros años de ingeniería se “*sientan ingenieros*” desde el primer día enfrentándose a problemas conceptualmente similares a los que enfrentan los ingenieros en el ejercicio de su profesión [1].

### **3. Concepción del Taller**

Cada uno de los autores de este artículo manejó un conjunto de ideas al respecto de la situación a enfrentar con distintas perspectivas en base tanto a su rol en la Universidad como a su expertise y experiencia en el ejercicio de la profesión, así como de su práctica docente.

En base a la experiencia el primer autor del presente artículo, los estudiantes de ingeniería deberían desde el principio de la carrera, resolver problemas de ingeniería. Los que considerando a la informática, -especialidad del referido autor-, conllevan a enfrentarse con desafíos relevantes tales como, la capacidad de describir procesos, elaborar modelos conceptuales que se correspondan con la realidad, y definir el conjunto de requerimientos para la construcción de sistemas informáticos, partiendo de situaciones contextualizadas. Es decir, tomadas de la realidad y que además sean relevantes.

En base a la experiencia del segundo autor del presente artículo, los estudiantes de ingeniería debían poseer más horas de práctica. Enfrentando problemas de ingeniería planteados de forma abierta, ambigua, dándoles un contexto, o mínimamente que los mismos estén problematizados y no sean ejercicios explicados de forma abstracta. La idea principal es que a través de estas experiencias los estudiantes comprendan no sólo la práctica que conlleva el ejercicio de su carrera, sino que internalicen el rol del ingeniero. Dado que una de sus preocupaciones frecuentes es la dificultad que tienen los estudiantes avanzados para responder con claridad conceptual la pregunta “¿*A qué se dedican los ingenieros?*”.

En base a la experiencia del tercer autor del artículo, el desarrollo del pensamiento creativo es básico no solo para la formación de los ingenieros [7] sino que también, el pensamiento creativo es una herramienta para lograr la diferenciación como profesional y alcanzar competencias definidas en distintos estándares internacionales tales como CDIO [2]. Esto último es así dado que mediante la creatividad se busca realizar aportes que resultan ser nuevos y valiosos. Es decir, hay una fuerte tendencia a no explorar distintas alternativas, enfoques, y/o ideas en relación con las posibles soluciones a problemas. Esto es probablemente así, dado que hay una sobrevaloración en la enseñanza

basada en encontrar rápidamente las respuestas, por sobre el aprendizaje que se produce en el proceso creativo, el cual lleva desde una problemática real hasta el diseño de una solución creativa potencialmente innovadora [1].

La convergencia de estas tres primeras visiones y la necesidad de comenzar la iniciativa fueron acelerados por distintos factores. En las reuniones que se mantuvieron sistémicamente desde principios del 2016 hasta la actualidad, se conversó sobre aspectos de contenido, metodológicos, y de gestión educativa, tres cuestiones que tenían que estar definidas para comenzar con el diseño del Taller. Paralelamente, se ponían en valor dichos factores, los cuales también fueron detonadores para integrar visiones, generar hipótesis y acelerar la puesta en marcha.

Entre los factores principales que impulsaron a tomar la decisión, se encontraba el muy bajo índice de deserción observado en los estudiantes del primer año de la carrera de Arquitectura. Este factor llevó a la formulación de una de las hipótesis centrales, dado que los estudiantes de Arquitectura “*se sienten arquitectos*” desde el primer día de su carrera. Esta característica particular fue observada a través del referido índice y del entusiasmo con el que los estudiantes de primer año de arquitectura se quedaban en la Universidad varias horas luego de cursar, armando maquetas. Hubo un gran interés de trasladar esta particularidad a la carrera de ingeniería, con todos los desafíos y consideraciones que esto implica dadas las diferencias entre carreras.

Una de las primeras hipótesis consideradas fue “*El enfrentar a los estudiantes de ingeniería de forma temprana con problemas conceptualmente similares a los que se enfrentan los ingenieros, podría hacerlos sentirse ingenieros desde el primer día, hacer más atractiva la cursada, lo que llevaría a disminuir los índices de deserción y contribuiría significativamente con su formación*”. Por lo que se resolvió probar esta hipótesis.

Otro factor importante fue la formación de un grupo de profesores ayudantes recién recibidos de la Universidad los cuales poseían gran entusiasmo e interés en mejorar las posibilidades de los estudiantes de ingeniería. La existencia de este grupo facilitó la realización de una capacitación docente para formar al primer grupo de profesores que se encargaría del Taller. El diseño de la capacitación docente fue elaborado en base al concepto de recursividad. Es decir, dicha capacitación se diseñó como un Taller de Resolución Creativa de Problemas que utilizó la misma metodología con la que iba a darse para los estudiantes de ingeniería y con el mismo contenido. Esta capacitación fue un éxito y permitió validar la metodología propuesta, definir el contenido y confirmar el diseño recursivo para futuras capacitaciones docentes.

Respecto de la definición del contenido, lo interesante fue el punto de partida que se consideró para definirlo. En lugar de hacerlo tradicionalmente en base a la definición de una disciplina que se quiere desarrollar, se definió en base a los tipos de problemas que se pretendían trabajar en el Taller. Es decir, el contenido pasó a un segundo plano. Dado que lo que pretende el Taller es desarrollar el pensamiento ingenieril, para lo cual primero hay que desarrollar el pensamiento, y por ende centrarse en el proceso y no en el resultado. Como surge, al desarrollar capacidades metacognitivas, el contenido se transforma en “*metacontenido*” y tomando este concepto, el “*metacontenido*” se definió como los distintos tipos de pensamiento que utilizan los ingenieros, a saber: lógico, abductivo [8], crítico [9], reflexivo [10], creativo [11] [12] [13] [14] [15] [16] [17] [18], sintético [17], de diseño [19], lateral [20], analógico [21] [22] [23], bisociativo [24], paralelo [25] [26] y de lógica fluida [27].

En relación con la definición de la metodología se consideraron dos líneas bien definidas, una relacionada con la concepción diseño e implementación del Taller, y otra relacionada con la estrategia de aprendizaje que se utiliza en las clases. En el primer caso se recurrió a una metodología que mayormente se aplica a emprendimientos denominada Lean Startup [28], la cual posee un ciclo de crear-medir-aprender, que permite en base a lo que el autor llama Producto Mínimo Viable, realizar ajustes en función de las devoluciones de los usuarios, en este caso, estudiantes de ingeniería. En relación con la segunda metodología se tomó como referencia un estudio previo sobre formación de competencias [29] y la experiencia adquirida desde el 2012 en el diseño e implementación de metodologías activas de aprendizaje [5].

La primera conclusión fue que la manera más eficiente de emprender este desafío, iba a ser la creación de un Taller de Resolución Creativa de Problemas que acompañara a los estudiantes durante la cursada del ciclo básico desarrollado progresivamente el pensamiento ingenieril, contemplando todos los tipos de pensamiento antes referidos y centrado en la resolución de problemas reales, contextualizados y en distintas situaciones problematizadas no abstractas. Todo esto, en paralelo con el aprendizaje de las ciencias básicas que tienen en el resto de las materias.

#### **4. Diseño del Taller**

A lo largo del presente artículo se citó distinta bibliografía la cual fue parte de un relevamiento más amplio que permitió discutir los distintos enfoques con los que abordamos la hipótesis convirtiendo esta última en una pregunta *¿Cómo hacer para enfrentar a los estudiantes de ingeniería de forma temprana con problemas conceptualmente similares a los que se enfrentan los ingenieros, para que se sientan ingenieros desde el primer día, y hacer más atractiva la cursada, esperando un impacto positivo en los índices de deserción y en su formación?*

Tomando esta pregunta de referencia, más las primeras conclusiones obtenidas y considerando la experiencia de la capacitación docente, se establecieron una serie de puntos de partida. Estos puntos se listan a continuación, a modo de valores que reflejan el espíritu potencialmente innovador del Taller.

- La estrategia de aprendizaje se basa en metodologías activas.
- La transferencia de conceptos siempre gira alrededor de actividades.
- La clase magistral no representa una opción.
- El contenido complementario es consumido fuera del aula.
- Los estudiantes son los protagonistas.
- El trabajo en equipo es el modo elegido para que los estudiantes resuelvan problemas.
- La cantidad de estudiantes por curso no supera los veinte estudiantes.
- El espacio de reflexión siempre tiene un lugar fundamental.
- El error, no es penalizado, es fomentado.
- El contenido siempre refiere a uno o mas tipos de problemas definidos.
- El aprendizaje se centra en el proceso de resolución y no en el resultado.
- La mayoría de los problemas no tienen solución única o una única manera de resolverlos.
- La resolución de problemas no termina con la primera solución encontrada.
- El profesor debe generar un contexto favorable al aprendizaje.
- El profesor debe explorar los problemas sin conocer la solución de estos.

Muchos de los valores antes listados se encuentran relacionados. Las metodologías activas de aprendizaje promueven la transferencia de conceptos alrededor de actividades. Asimismo, relativizan el impacto de las clases magistrales y hacen que enfoques como la clase invertida, sea un complemento ideal a las actividades del Taller.

La idea principal de utilizar metodologías activas se basó en trasladar la experiencia previa realizada en ciertas materias del ciclo de conocimientos básicos al contexto del Taller. En el caso de materias, la cantidad de estudiantes por curso, y el gran contenido curricular fueron barreras relevantes para la implementación de la metodología, barreras que por las características que posee el Taller no existen.

El Taller posee un aspecto reflexivo, ya que sin reflexión no hay aprendizaje. De la misma manera, si no existe la oportunidad de cometer errores, no hay oportunidad de reflexión y por ende no hay aprendizaje. Este tema no es menor y está relacionado con el contexto que el profesor genera en el aula. Es decir, los estudiantes van a permitirse cometer errores, en la medida en que el docente genere un ambiente favorable, en donde los errores no sean penalizados. Una de las maneras más efectivas de promover esto es dar el ejemplo.

Es por esto último que se experimentó con la posibilidad de que el profesor explore el problema sin conocer la solución. De dicha experiencia, se obtuvieron resultados positivos, en el sentido en el que, si el profesor propone un camino por el cual no llegaba a la solución, era valorado como un error que brindaba la oportunidad de reflexionar y volver a intentar otro camino distinto. En general, y por diversas limitaciones antes mencionadas, en el resto de las materias la situación en donde el profesor comete errores es evitada, o a veces, controlada. Es decir, se diseñan caminos que ya se sabe no conducen a la solución a propósito para provocar la reflexión y luego aprendizaje.

No obstante, esta última situación no se percibe por parte de los estudiantes como un error genuino, sino como una habilidad del profesor para moverse dentro de la exploración del problema. Ahora, si en lugar de ser controlada y simulada la exploración de un camino que potencialmente conduce a la solución, es genuina. Es decir, ni simulada ni planificada, lo que se está mostrando a los estudiantes es cómo el profesor aplica sus herramientas y pensamientos para hacer lo que se les pide a los estudiantes que hagan, resolver un problema cuya solución no conocen.

Esto posee varias ventajas, primero abre la posibilidad de que los estudiantes objeten al profesor, y este en su verdadera ignorancia de la solución, escuche genuinamente al estudiante. Una segunda posibilidad está en que el profesor cometa errores, mostrando que no solo esto es permitido, sino que además es, una de las maneras de explorar el problema. Y que, a su vez, cometer errores es necesario para alcanzar finalmente la solución. Otra de las ventajas es que, mientras el profesor explora el problema, está evidenciando sus estrategias para su resolución, y debe acompañar su propuesta con una justificación que demuestre que su intento vale la pena ser probado. Asimismo, en muchos casos, aunque no en todos, la teoría que ven en otras materias, por ejemplo, matemática, física o estadística se ven modelos teóricos que son formas resumidas o mecanizadas de resolver el problema, y por ende estos conocimientos se ponen en valor ante los estudiantes.

La mayoría de los valores antes desarrollados se relacionan con la metodología del Taller, pero hasta el momento no se habló del contenido. La idea respecto del contenido fue la de identificar una cantidad acotada de tipos de problemas que sirviera para clasificar los

distintos problemas encontrados en el relevamiento bibliográfico. Luego de reflexionar al respecto se definieron cinco tipos de problemas deseables para trabajar en el Taller.

#### **4.1.- Tipificación de problemas**

Una de las cuestiones críticas del diseño del Taller son los tipos de problemas con los que se va a trabajar. Para elegir dichos tipos, a continuación detallados, se puso en consideración cuál o cuáles son los pensamientos que deberán ser desarrollados mientras se resuelven cada uno de los tipos de problemas seleccionados.

##### **Problemas lógicos contextualizados.**

Tomando de referencia los cuadernos de resolución de ejercicios y problemas que utilizan los aspirantes en el del curso de ingreso de la Universidad, se definió un tipo de problema que se denominó “*lógico contextualizado*”. Lo que significa que, para resolverlo se requiere del pensamiento lógico, pero que no se plantea de modo abstracto, o descontextualizado. Dentro de esta tipificación se identificaron un conjunto de problemas seleccionados de algunos libros de Adrián Paenza [30] [31] [32].

##### **Problemas tangibles**

En este caso el punto de partida fue considerar el aspecto de “*Makers*” [1] que tienen los ingenieros lo que les permite “*cosificar ideas*” [33]. Este tipo de problemas se caracteriza porque la actividad en torno a ellos implica realizar las tres primeras etapas de CDIO [2], es decir Concebir, Diseñar e Implementar.

En este caso se identificaron una selección de problemas creativos que requieren la construcción con elementos tangibles de algún tipo de estructura. Usualmente estos ejemplos de problemas tangibles se encuentran en videos, disponibles en Internet los que están relacionados con distintos movimientos como el de “*Maker*” [34] y/o el movimiento “*DIY*” (Do It Yourself), cuya traducción es, “*hágalo usted mismo*”.

##### **Problemas análogos**

La analogía es uno de los conceptos básicos que utiliza el pensamiento creativo [35], y que aparece en una amplia gama de técnicas y metodologías que van desde la biomimética, hasta distintas metodologías tales como TRIZ [23] o SIT [22].

La idea es plantear problemáticas que se encuentran en un universo cercano a los estudiantes, de manera tal de que estos puedan comprender el planteo del problema, pero que sean análogos a situaciones más complejas del universo de la ingeniería. Aprovechando las bondades de la Sinéctica [36], se espera que estos problemas permitan comprender el mecanismo y la importancia del uso de modelos análogos simplificados para resolver problemas complejos. Este tipo de problemas pueden ser creados partiendo de conceptos problematizados o también simplificando casos de ingeniería generando universos análogos.

##### **Problemas de diseño**

Tomando como punto de partida lo definido en las distintas carreras de ingeniería por el CIN [37], a saber, que el diseño resulta ser la actividad paradigmática a la ingeniería vinculada a la creatividad [1], en este caso se destaca la importancia de la letra “*D*” de

diseño del CDIO [2]. Es decir, el diseño es una actividad que se encuentra presente en la mayoría de las carreras de ingeniería, por no decir todas [1].

Estos problemas son creados partiendo de conceptos innovadores tomados como referencia de distintas fuentes tales como revisiones de diseños de dispositivos innovadores, concursos de innovación, muestras de diseño, ferias de tecnología de punta, o de ejemplos de innovaciones frugales [38], todas ellas en general disponibles en Internet.

### **Desafíos**

Inspirados en los desafíos que se proponen cada año en el Rally Latinoamericano de Innovación [39], partiendo de conceptos innovadores tomados de dichos desafíos adaptándolos al tiempo que se dispone en el Taller, se les pide a los estudiantes formados en equipos resolver un problema de mayor nivel de complejidad, y de manera integral. Estos desafíos se caracterizan por no venir definidos en consignas, sino que, por el contrario, representan situaciones problemáticas que muchas veces resultan ambiguas.

## **5. Cronología de la implementación**

La idea comenzó tal cual fue descripta en el apartado de antecedentes. Es decir, una inquietud tripartita entre dos profesores y una autoridad del Departamento de Ingeniería, las cuales se sumaron a distintos factores del contexto tales como un índice elevado de deserción, y la alta demanda de ingenieros.

Seguido a esta comunión de intenciones e intereses se realizaron reuniones semanales en donde se discutieron ideas en base a la bibliografía relevada y otras experiencias similares consideradas que involucraron enfoques pedagógicos basados en STEM [40].

Una vez que la idea del Taller estuvo lo suficientemente definida, en paralelo con las reuniones, se comenzó a realizar la capacitación de los docentes que harían primero la prueba piloto del Taller y luego su puesta en marcha, -en alguna de las dos posibles modalidades futuras, obligatorio u opcional-.

Como resultado de la capacitación docente, se realizó la identificación de los tipos de problemas a trabajar, se propusieron distintas fuentes en donde encontrar estos problemas, y se verificó la viabilidad de la metodología propuesta para el Taller, dado que en la capacitación docente se utilizó la misma metodología de forma recursiva. Se capacitó a un total de diez profesores, -todos ayudantes y egresados de la universidad- con mucha motivación para intentar nuevos enfoques de aprendizaje.

Lo detallado en los apartados anteriores corresponden con los puntos del diseño del Taller hasta el momento de la implementación. A partir de ahora, se detallan acciones que no fueron incluidas anteriormente, las cuales corresponden a la puesta en marcha de la prueba piloto del Taller.

Uno de los primeros desafíos para la puesta en marcha es comunicar la propuesta del Taller a los ingresantes. Es decir, a las novecientas personas que hacía dos semanas estaban cursando las materias de primer año. Se aprovechó una charla que se dio para todos los ingresantes sobre las Tutorías que posee el Departamento de Ingeniería.

Se definió que se iban a dar dos cursos de Taller, uno por cada turno. De los casi novecientos ingresantes se anotaron aproximadamente cien estudiantes. Como cada uno de los Talleres posee un máximo de veinte alumnos, se realizó un sorteo para definir a los

participantes de la prueba piloto para cada uno de los Talleres. Se les comunicó la decisión por mail, obtenido del relevo de interesados luego de la presentación. Se dejó una semana de espacio entre la comunicación y el comienzo del Taller para distintas cuestiones administrativas, tales como reservar aulas y otras similares. Y finalmente, a la semana siguiente se dictó la primera clase en cada curso.

## 6. Lecciones aprendidas

Para comenzar con este apartado, y con el fin de organizar las conclusiones de este trabajo, se transcriben los verbatim obtenidos de cada uno de los cursos mediante dos metodologías diferentes. En un curso se hizo una entrevista de grupo focal y en el otro curso se hicieron entrevistas individuales. Lo que se buscó es ver si las entrevistas individuales sugerían algún sesgo en el grupo focal, dado que en este último las respuestas de cada estudiante podrían haber estado influenciadas por las del resto del grupo.

**Para conocer cuáles eran las críticas que los estudiantes poseían respecto a lo que va del taller se les preguntó “¿Qué cosa cambiarían, que no les gusto o qué cosas tienen oportunidades de mejora?”** se transcriben las respuestas a continuación.

*“Por ahí en algunos temas, por ahí..., se podría como acortar un poquito no buscar tanto la lógica o diferentes..., o sea muuuchas(sic) alternativas, y por ahí no nos queda tiempo para hacer otra cosa que empezábamos, entonces por ahí estaba bueno como para cerrar todo”.*

*“...lo que cambiaría por ahí es..., si coincido con lo que dijo ella (refiriéndose a lo indicado en el párrafo precedente) por ahí se tarda un poco en la explicación de la resolución de los ejercicios, estaría bueno que haya más ejercicios y nada eso”.*

*“...cambiar creo..., solo..., seguir agregando actividades así que nos ayuden a plantearnos nuevas formas de pensar más que nada...”.*

*“...en este momento no se me ocurre nada, quizás plantear un problema más por clase...”.*

*“...no, dentro de todo hasta ahora va bien no le vi ninguna dificultad al taller...”.*

*“...mm, eso no se..., hay un problema que no está por parte de ustedes que esta por parte de las personas..., o sea que es como que faltan más personas para que sea más llevadero, pero después no cambiaría muchas..., no se me ocurre la verdad”.*

*“...capaz no darle tantas vueltas a un problema en general por ahí estamos una hora y media con un problema que se yo eso...”* En este caso se hizo una repregunta como sigue ¿y eso por qué te parece demasiado, cuanto sería lo ideal para explorar un problema? *“es que si estamos dándole muchas vueltas a un problema y se ve que no se llega a la solución capaz que hay que dejarlo para otro momento y seguir con otro problema, así podemos ir viendo más problemas y viendo de resolver otros”.*

*“No se me ocurre nada...algo hay seguro -no es que está todo bien- pero en este momento no se me ocurre”.*

*“La verdad no se me ocurre”.*

*“Creo que no habría..., no estoy desconforme con nada así que no sabría que decir...”*

*“Los materiales para construir...”*

## Título del Trabajo

*“Capaz un poco más de horario [...] y nos pasamos porque la semana pasada nos pasamos bastante con el tema de los diseños y todo eso (haciendo referencia a un día en que se quedaron aproximadamente 30 minutos después de horario)”.*

Todas estas críticas, algunas previstas y otras no tanto, se tomarán en consideración para ajustar el enfoque del Taller, verificando si se mantienen en próximas instancias.

**Opinión de un reingresante con quince materias aprobadas** *“Bueno, yo también, me gusta la parte que es de pensar, te obliga a pensar, y ver las cosas, resolver el problema..., no quedase con en el problema en sí, sino ver diferentes tipos de soluciones y yo que soy reingresante está bueno para cambiar un poco porque durante todo lo que cursas en la carrera pensas un montón pero nunca lo aplicas, acá pensas tenes el problema pensas lo solucionas y le das un uso a todo el razonamiento...”.*

Esta valoración de un reingresante nos da claros indicios de que la aplicación del conocimiento puede ser una clave para paliar la deserción y/o aumentar el interés de los estudiantes, esto vuelve a aparecer en el comentario siguiente.

**Sobre cómo se percibe la contextualización y utilidad de los problemas** *“...bueno si a mí también me gusta esa parte de..., ponle en las clases es como todo lo teórico y te dan problemas así, pero en realidad no sabes bien en que lo aplicarías y acá te dan situaciones en donde podrías aplicar las cosas que aprendes...”.*

**Sobre el ambiente que se genera en el Taller, la posibilidad de equivocarse y el carácter opcional del Taller** *“...es como que la dinámica de grupo nos hace..., y fomenta la participación..., como que..., que se yo..., por lo menos entre los que casi siempre venimos es como que hay..., no sé, no siento que nadie este incomodo... entonces es como que puedes participar con tranquilidad...opinar, eh..., te puedes equivocar tranquilamente eh..., que se yo, para aprender eh..., está bueno como decían es verdad que es optativo porque sale como de la voluntad de uno el venir y sabes que todos los que están acá están con ganas de estar y con ganas de aprender lo que vamos a ver en el taller...”.*

*“...agrego que además acá estamos por voluntad propia estamos haciendo lo que nosotros queremos porque si no nos gusta el tema nos podríamos ir y no nos pasa nada, en cambio las materias tenemos que rendirlas si o si porque si no, no...”.*

*“...si se planteara como obligatorio, funcionaría como una materia más...sería como..., si, si es obligado(sic) ya no te gusta tanto”.*

Una de las cuestiones fundamentales para el aprendizaje es la posibilidad de cometer errores, el docente debe generar esta posibilidad en el aula para que los estudiantes se sientan cómodos con esta situación, generando un contexto favorable para la creatividad.

**Sobre la diferencia con las otras materias** *“Bueno, primero que no está manejado por una nota, y entonces eso de alguna manera a uno le quita presión, no significa que no prestes atención, sino que uno no esta tan urgido con capaz estudiar y demás, sino que lo ve como una manera de venir y relajarse y usar un poco el pensamiento lateral”.*

*“...a mí me gusta tipo -agregando a lo de los demás, porque todos pensamos algo parecido- este... que..., a mí me gusta estar tipo con gente así que le interesa lo mismo que a mí. Ponle en el aula hay gente que también le interesa lo mismo, pero acá estas como forzado a hablar con los demás, que no es malo estar forzado porque está bueno...”.*

## **Título del Trabajo**

*“...estamos de espectadores viendo lo que hace la profe, en cambio acá es como que participamos cada uno tira su idea a partir de eso surge otra cosa...”*

*“...y después eso de diseñar que eso..., si todavía no vimos casi nada porque las materias que curso ahora son todo matemática y química que otra cosa, calculo... y acá directamente pensar, pero usando lógica, usando otras cosas”*

Sería injusto jactarse dado que las condiciones de cursada de las materias tradicionales son muy distintas a las del Taller, pero estos comentarios brindan puntos de partida para cuestionarnos sobre el trabajo en equipo, las presiones que sienten los estudiantes, la participación, el contexto, la cantidad de estudiantes por aula y de contenidos por materia.

**Sobre los aspectos que más les gustó del Taller** *“...no solo resolver el problema sino ver la lógica atrás de cómo se resuelve y como se forman los problemas...”*

*“...esta bueno también ver como lo piensan los demás...”*

*“...me gusta que los problemas sean variados, desde construcción de cosas hasta resolución de problemas en sí, y me gusta como que estimula la agilidad de resolver las cosas de otra forma...”*

*“...los conocimientos, o eso..., llevarlo más a algo práctico que no queda tan en algo teórico...”*

*“Cuando tengo una solución para un problema y después descubro que hay una solución mejor”*

*“...a mí también me gustó este..., como es..., que no importa encontrar la solución digamos, sino saber cómo plantearlo y como se podría resolver...”*

*“...trabajar en grupo, pero más lo que me gusta es que podés buscar un problema y tenes varias soluciones y varios enfoques para el mismo problema, eso es lo que me gusta”*

*“...ver las perspectivas que tiene cada uno sobre el problema...”*

*“...a mí me gustó que es muy variado hay parte lógica hay parte práctica eh..., es dinámico y no es aburrido siempre el mismo tema, eso está bueno”*

*“Bueno, esto del taller me parece bastante divertido, algo innovador y bueno los acertijos nos invitan a pensar de manera diferente, la resolución de problemas eso me gusta bastante, quizá porque a mí me atrae lo que es el pensamiento lateral y esas cosas, ¿no? está bueno..., está bueno ver como con unos simples ejercicios de lógica eh..., se pueden diagramar, hacer cuadros esquemas verlo de otra perspectiva. Generalmente cuando yo resolvía un problema no esquemo(sic) nada, no hago un esquema nada, simplemente trato de resolverlo por lógica y bueno ver cómo resolver este tipo de problemas está bastante bueno...”*

*“...me pareció muy interesante porque propone nuevas formas de como pensar diferentes problemas que pueden ser de la vida cotidiana o que pueden ser de un ámbito muy específico, pero plantean una nueva vista, y nos plantea como lo vería el otro y ayudarnos en equipo”*

*“Bueno, la verdad que estuvo muy bueno porque nos inspiró de alguna manera y nos acerca quizá a lo que hace un ingeniero una vez que termina la carrera entonces eso me pareció muy bueno, muy bueno, muy diferente a lo que uno espera de una universidad rectitud, materias, notas”*

## Título del Trabajo

*“...me parece interesante porque nos hacen trabajar en grupo y nos hacen pensar a todos, después algo que me parece muy bueno es que trabajemos en equipo, que eso casi no lo hacemos en las aulas, y hacerlo desde ahora me parece perfecto”.*

*“Está bueno, está interesante y los acertijos están bastante bien pensados y están bastante bien llevados también, con una mala explicación no se podrían hacer, por ejemplo, entonces se explican bastante bien y..., está interesante porque agarra y nos da tipo una lección para la vida, para trabajar en equipo, cosas así, como el de Lobos y Corderos (refiriéndose a un problema planteado en el Taller) y eso básicamente...”.*

*“...bastante entretenido, sino no hubiera seguido viniendo...”.*

*“Me parece una buena idea, me parece entretenido y que además es útil entonces esta bueno [...] (sobre los problemas dice) están buenos de resolver tienen su gracia no aburren y te incentivan a querer buscarlos porque te lo tomas personal además cuando no te salen”.*

*“Por ahora va bien, la verdad me está interesando porque hay muchos temas o diferentes problemas que se van planteando y hay unos cuantos que hasta ahora los pude resolver, otros no, y entonces se va viendo no solamente como yo lo resuelvo sino las diferentes soluciones que va pensando cada uno y eso me va ayudando si hay otro próximo problema igual o parecido yo más o menos tengo una idea por lo menos donde..., como pensarlo, donde encarar, y aunque por lo menos no llegue a la respuesta pero sé por dónde ir y como estaba por ahí pesando hasta este momento por ahí era, nada que ver, [...] entonces por ahí ahora tengo otra forma de pensar que me está ayudando más...”.*

*“Esta bueno y sirve mucho para la resolución de problemas ayuda mucho la creatividad y todo eso...”.*

*“...las preguntas de lógica bastante interesantes, me revolvió un poco la cabeza, eso sí, y los de diseño ahora están bastante buenos (refiriéndose a los problemas tangibles en donde también tienen que diseñar)”.*

En estos comentarios se ve la valoración del trabajo en grupo, la búsqueda de alternativas, el aspecto pragmático, la representación gráfica, y la sensación de que están pensando por sí mismos. Tal como lo demanda la metodología utilizada, lo indicado en dichas devoluciones permite verificar distintos supuestos realizados a lo largo del diseño y las respuestas están alienadas con los valores en base a los cuales se diseñó el Taller.

A continuación se señalan distintas conclusiones extraídas en base a la observación de los profesores. Para poder relevar y documentar la prueba piloto en cada curso siempre hubo uno o dos profesores a cargo de la clase. El resto de los profesores observaban y tomaban nota en función de distintos criterios previamente definidos. Gracias a esta forma de observar, se aprendieron diferentes cuestiones, entre las cuales se encuentran las indicadas a continuación.

En relación con los tipos de problemas definidos se pudo observar que introducir el concepto de diseño sobre problemas lógicos contextualizados resultaba interesante. Dado que aparecía un nuevo concepto, el cual, era desarrollado en un marco de referencia familiar representado por el conocimiento lógico básico adquirido previamente por los estudiantes.

Esto último, además, permitió que a través de una exploración lúdica de este tipo de problemas se intente eliminar el sesgo que reza, *“lo único que se puede hacer con un*

*problema lógico es analizarlo solo para resolverlo*". Entonces se abrieron las posibilidades, de exploración para el rediseño de dicho problema. Esto generó un espacio de reflexión en el cual se formularon distintas preguntas disparadoras del estilo *¿Cómo podemos escalar el problema manteniendo la complejidad?, ¿Qué pasa si en vez de la condición original del problema se modificara tal o cual dato o variable?, y otras por el estilo.*

En relación con la metodología, y de la observación de la experiencia surgió de modo emergente una consideración que no se tuvo en cuenta en el diseño. Se observó que resultaban más dinámicas aquellas clases que comenzaban con un problema de media o baja dificultad *"a modo de rompehielos"* y luego de resolverlo y reflexionar sobre el mismo, se continuaba con el problema *"principal"* de la clase.

Del mismo modo, surgió la conveniencia de incluir distintos problemas denominados *"de refuerzo"* que, siendo equivalentes en la tipología de un problema tratado previamente, refuerzan lo aprendido en este último. Además de este refuerzo de conceptos lo que se busca es la asociación en la similitud conceptual con un conocimiento previo, ante la presentación de un *"nuevo"* conocimiento. Trasladando conceptualmente lo aprendido en el problema previo al *"nuevo"* problema presentado. Esto es particularmente importante porque en la integración de los contenidos muchas veces se lo deja al estudiante a su suerte.

Se observó que, para determinados problemas complejos, cuya resolución puede llevar aproximadamente una hora, en ciertas condiciones es interesante experimentar con el intercambio de miembros de un equipo. Definiendo equipos de estudiantes de entre cinco y seis personas, se observó que para los casos en que cada uno de los equipos posee *"una parte de la solución"*, es interesante probar qué pasa si se intercambian uno o más integrantes de un equipo con otro, en especial aquellos que lideran la solución.

En una primera instancia se verificó que pasar un integrante de cada equipo al equipo contrario, si bien no implicó que se encontrara la solución correcta, mejoró el logro antes alcanzado. Pero también puede suceder que, en lugar de compensarse y llegar a la solución correcta, se sumen los errores. Habría que estudiarlo considerando la teoría del pensamiento de grupo [41], dado que un pensamiento disidente aumenta el pensamiento divergente dando alternativas nuevas no exploradas las que podrían llevar a la solución. En consecuencia, sería interesante observar si la divergencia en esa instancia del proceso de resolución creativa del problema ayuda o complica, y en qué casos o condiciones sucede una cosa o la otra.

Todas estas cuestiones sumadas al hecho de que hacia la finalización del Taller hubo una importante deserción debido a la prioridad que le dan los estudiantes a los parciales de las materias tradicionales, entendemos que además de la motivación intrínseca que los participantes de los Talleres mostraron a lo largo de la cursada y que reflejan sus comentarios, es necesario brindarles una motivación externa. En este sentido se definió darles por a probada la una de las materias introductorias en donde se ven temas similares de manera tradicional, a todos aquellos que hayan cursado con éxito el Taller I y II.

Para finalizar es importante destacar y agradecer el acompañamiento de las autoridades en un proyecto que se corre un poco de las implementaciones tradicionales. Poseer desde el momento cero el apoyo e interés del Departamento de Ingeniería fue una cuestión clave para poder implementar la experiencia descrita. Esto último corresponde al enfoque *"top-down"* del proyecto, el cual se lo combinó con el enfoque *"bottom-up"*

correspondiente a una parte más invisible y difícil de plasmar, pero que es tan crítica como la primera. En este caso vino dada por el grupo de profesores capacitados y su valiosísimo aporte a la construcción y participación en el Taller. En un futuro se espera mantener esta estrategia combinada para la formalización y continuación del Taller I para los próximos ciclos lectivos y el diseño del Taller II con la misma metodología utilizada.

## **7. Referencias**

- [1] Sposito, O. et al (2016). Creatividad, innovación y emprendedorismo en ingeniería. Congreso Argentino de Ingeniería. (Chaco, 2016).
- [2] Crawley, E. F., et al. (2011). The CDIO syllabus v2. 0. An updated statement of goals for engineering education. In Proceedings of 7th International CDIO Conference, Copenhagen, Denmark.
- [3] Barragan, F. (2018). Ingenieros mecánicos, la “figurita difícil” para las grandes empresas. La Nación (versión online).
- [4] <http://pefi.siu.edu.ar/>
- [5] Sposito, O., & Blanco, G. (2017). Enseñanza de la ingeniería, hacia un modelo pedagógico transformador. Universidad Nacional de la Matanza. Versión electrónica.
- [6] Lerch, C., & Mavrommatis, H. (2017). Sobre la formación de ingenieros: Diálogo entre el Ing. Lerch y el Ing. Mavrommatis. Capítulo 4: Ingenieros para el nuevo siglo. Perteneciente a libro: Enseñanza de la ingeniería, hacia un modelo pedagógico transformador. Universidad Nacional de la Matanza. Versión electrónica.
- [7] Cropley, D. H. (2015). Creativity in Engineering: Novel Solutions to Complex Problems. San Diego, CA. Academic Press 2015.
- [8] De Barrena, S. F. (2003). La creatividad en Charles S. Peirce: abducción y razonabilidad. Tesis de doctorado.
- [9] <http://www.criticalthinking.org>
- [10] Dewey, J. (1928). Como pensamos. Ediciones de La Lectura.
- [11] De Bono, E., & Castillo, O. (1994). El pensamiento creativo. Editorial Paidós.
- [12] De Bono, E., & Lizón, A. (1996). Lógica fluida: la alternativa a la lógica tradicional.
- [13] Gardner, H. (2010). Mentes creativas: una anatomía de la creatividad (No. 159.954). Paidós Ibérica.
- [14] Perkins, D. (2003). La bañera de Arquímedes y otras historias del descubrimiento científico: El arte del pensamiento creativo. Grupo Planeta (GBS).
- [16] Robinson K., & Aronica L. (2010). El elemento: Descubrir tu pasión lo cambia todo. Editorial Sudamericana. ISBN: 978-950-28-0496-5.
- [17] Root-Bernstein, R. & M. (2000). Los secretos de la creatividad. Editorial Kairos. ISBN: 84-7245-506-8.
- [18] Kastika, E. (2016). Nuevas estrategias para la creatividad. ISBN: 9789872081461
- [19] Kelley, T., & Littman, J. (2005). Las diez caras de la innovación. Editorial Currency.

## *Título del Trabajo*

- [20] De Bono, E. (1986). El pensamiento lateral: Manual de creatividad. Editorial Paidós. ISBN: 978-950-12-9069-1.
- [21] Siler, T. (1993). Más allá de las barreras de la mente. Editorial Paidós.
- [22] Horowitz, R. (1999). Creative problem solving in engineering design. PhD. diss., Tel-Aviv University.
- [23] Rantanen, K., & Domb, E. (2007). Simplified TRIZ: New problem-solving applications for engineers and manufacturing professionals. Auerbach Publications.
- [24] Koestler, A. (1964). The act of creation: A study of the conscious and unconscious in science and art. Dell Publishing Company, 1967.
- [25] De Bono, E., & Diéguez, R. D. (1988). Seis sombreros para pensar. Granica.
- [26] Hill, L., et al. (2014). Collective Genius: The Art and Practice of Leading Innovation. ISBN 1422130029.
- [27] De Bono, E., & Lizón, A. (1996). Lógica fluida: la alternativa a la lógica tradicional.
- [28] Ries, E. (2011). The lean startup: How today's entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses. Crown Books.
- [29] Mavrommatis, H. (2010). Formación Profesional Basada en Competencias: Consideraciones Preliminares para un Estudio Comparado. Trabajo de especialización de maestría. Universidad de San Andrés. Inédito.
- [30] Paenza, A. (2014). La puerta equivocada. Sudamericana. Buenos Aires.
- [31] Paenza, A. (2015). Detectives. Sudamericana. Buenos Aires.
- [32] Paenza, A. (2016). Estrategias. Sudamericana. Buenos Aires.
- [33] Bignoli, A. J. (2008). Carta a un joven que cursa el ciclo secundario y aspira a ser ingeniero, pero no se atreve porque no es bueno en matemática. ANI-Academia Nacional de Ingeniería.
- [34] Anderson, C. (2013). Makers. Nieuw Amsterdam.
- [35] Sposito, O., et al. (2017). Desarrollo del pensamiento creativo en los estudiantes de ingeniería Conceptos básicos. (Entre Ríos, 2017).
- [36] Kastika, E. (2013). La creatividad en las organizaciones: El Estado del Arte y Análisis en Organizaciones de Argentina. Tesis doctoral en Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Económicas.
- [37] Resolución Comité Ejecutivo CIN N° 1131/2016 en las carreras de ingeniería.
- [38] Radjou, N., & Prabhu, J. (2015). Frugal Innovation: How to do more with less. The Economist.
- [39] <http://www.rallydeinnovacion.org/>
- [40] Bosch, H. E., et al. (2011). Nuevo paradigma pedagógico para enseñanza de ciencias y matemática. Avances en ciencias e ingeniería, 2(3).
- [41] Grant, A. (2017). Originales: Cómo los inconformistas mueven el mundo. Ediciones Paidós.