

LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS COMO BASE METODOLÓGICA PARA LA TOMA DE DECISIONES EN INGENIERÍA

Daniel Juan Alberto Abud, Universidad Nacional de Córdoba, daniel.abud@yahoo.com

Resumen— Es un artículo de carácter fundacional para las escuelas de formación de las carreras de Ingeniería. La formación de los Ingenieros requiere de una preparación en la resolución de problemas para lograr adquirir ciertas habilidades y destrezas que luego serán muy importantes y significativas en la vida profesional. Desde simples ejercicios a verdaderos problemas extensos en su resolución son un duro entrenamiento para los futuros ingenieros. Aquí está la clave del aprendizaje de los Ingenieros y su posterior aplicación en la vida profesional. El punto más relevante del tema es que el proceso de resolver un problema depende fundamentalmente del contenido específico del problema y de la representación mental que el estudiante tenga de este. Esto repercute a la hora de enfrentar nuevas situaciones problemáticas en el correr de la vida profesional que hace que el Ingeniero deba tomar decisiones rápidamente y de forma segura obtener resultados lo más eficientes posibles. Por eso, este trabajo se centra en estudiar qué tipo y cuáles deben ser esos procedimientos preparatorios para adiestrar al futuro profesional de manera tal que, al salir a trabajar en la profesión, éste se comporte con un nivel de ejecutividad altamente eficiente y óptima. Se pretende con este artículo idear un proyecto a largo plazo para aplicar en todas las carreras de Ingeniería. Esta sería la base de ese hipotético proyecto.

Palabras clave— *resolución, problemas, enseñanza, profesión, ingeniería.*

1. Introducción

El aprendizaje en Ingeniería es un entrenamiento en diferentes disciplinas. Los problemas podrían interpretarse como las “*abdominales*” para luego “*jugar el partido*” en la profesión. Si un atleta no hizo sus ejercicios físicos preparatorios, luego, en la competencia en sí, no rinde como corresponde. La resolución de problemas en el aula es una habilidad mediante la cual el estudiante externaliza el proceso constructivo de “*aprender*”, convierte en acciones los conceptos, las proposiciones o los ejemplos, a través, fundamentalmente, de las interacciones con el profesor y los materiales elaborados de instrucción. Esta actividad puede llegar a ser una actividad evaluadora, tanto del aprendizaje, como de los procesos cognitivos que desarrollan los estudiantes. De hecho, la destreza para resolver problemas es uno de los objetivos más importantes de la educación en Ingeniería y, en consecuencia, la resolución de problemas una de las estrategias más utilizadas por los profesores de Ingeniería tanto durante la instrucción (el cursado o dictado) como en la evaluación. Desgraciadamente, suele ser también fuente de dificultades y de desmotivación para los alumnos. Muchas veces, se explica el

fracaso generalizado de los estudiantes en la resolución de problemas señalando que no comprenden los contenidos, que sus conocimientos científicos son insuficientes o que no realizan una lectura comprensiva del enunciado. [1, 2, 3]

Se propone, en este trabajo, analizar cómo influye el entrenamiento de “*resolver problemas*” a lo largo de la carrera de Ingeniería en el ejercicio de la vida profesional con la finalidad que sirva de base para un futuro proyecto. La resolución de problemas es un caso especial de aprendizaje significativo, en la medida que esta tarea requiere incorporar nueva información en la estructura cognitiva del sujeto que la realiza. Se encuentra dentro de las denominadas metodologías activas del aprendizaje. No creo que exista otra carrera (en mayor, o menor, medida) que trabaje en la preparación académica sobre la base de “*resolver problemas*” de la manera que lo hacen las carreras de Ingeniería (todas las especialidades). Para un Ingeniero solucionar problemas complejos puede ser difícil, pero no imposible y además forma parte de su tarea diaria en la vida profesional. Solo necesita tener el espíritu adecuado y disponer de un proceso para resolver el problema en cuestión. Por suerte, existe una gran cantidad de técnicas a disposición para solucionar los problemas que surjan en su ejercicio profesional, su lugar de trabajo, su tarea cotidiana. Apenas comienza el alumno de Ingeniería a transitar las diversas materias o espacios curriculares de la carrera, éste está obligado a adquirir habilidad y destreza para resolver problemas. ¿Habrán escuchado la vieja frase que dice “*los problemas no existen, solo existen las oportunidades*”? Esto puede parecer interpretarse como pretender “*tapar el sol con la mano*”, para alguien que está en medio de un problema difícil y que, además, le causa profunda ansiedad. Este, tal vez, sea uno de los causantes de la elevada deserción que se produce en los primeros años de las carreras de Ingeniería. Pero, existen diversos métodos para la Resolución de Problemas, estudiados por diferentes autores y que colaboran para que el alumno de Ingeniería vaya preparando un esquema mental que le ayudará a crear oportunidades a partir de las dificultades. Dicen que los Ingenieros son muy estructurados y, justamente, los problemas son los que los desestructuran. Por eso a muchos alumnos les cuesta esta parte. [4, 5, 6]

2. Materiales y Métodos

Como Pólya indicó, la resolución de problemas es un arte práctico, tales como nadar o tocar el piano. De la misma forma que es necesario introducirse en el agua para aprender a nadar, para aprender a resolver problemas, el alumno ha de invertir mucho tiempo enfrentándose a ellos. Para resolver problemas: “*no existen fórmulas mágicas*”; no hay un conjunto de procedimientos o métodos que, aplicándolos, lleven necesariamente a la resolución del problema (aún en el caso de que tenga solución). Pero, de ahí no hay que sacar en consecuencia una apreciación ampliamente difundida en la Sociedad: “*la única manera de resolver un problema sea por ideas luminosas, que se tienen, o no se tienen*”.

En primer lugar, el alumno deberá identificar el problema. La solución de los problemas, y la toma de decisiones, comienza reconociendo que hay una situación que quiere (y puede) solucionarse. Aunque no siempre es así en la vida profesional, ya que muchas veces un problema crece hasta que nos sorprende. Pero, se debe tener bien en claro con qué datos se cuenta y cuáles son las incógnitas a encontrar. Luego, viene la descripción del problema. En esta etapa es necesario recabar información para poder describir el problema de la manera más correcta y veraz, ayudado por técnicas como: análisis de datos, intercambio de ideas, análisis del campo de fuerza o análisis de la

palabra clave. Durante la carrera, el alumno no debe preocuparse por esta etapa, ya que todo le viene dado en un enunciado. Seguidamente, se deberá analizar cuál es la causa. Aquí, se busca la causa original del problema. Identificar las fuerzas que contribuyen a que el problema empeore, clasificará entre las posibles causas y eliminará los efectos derivados de las mismas. Entonces, se ofrecerán alternativas, es decir, soluciones opcionales. Su objetivo es completar una lista de alternativas concebibles (factibles, en términos de proyectos). Lo que se busca son estrategias que se dirijan hacia la causa original y resuelvan el problema de una vez por todas (y de la mejor manera posible).

Se deja aquí la parte “*estratégica*” para pasar a una parte “*operativa*” o “*táctica*”. Comenzando por la toma de decisiones. Esta etapa consiste en eliminar las peores alternativas y comparar las restantes unas con otras. El objetivo es encontrar una solución correcta utilizando un proceso práctico y científico. Tal vez exista una decisión correcta que, sin embargo, no funcionará a menos que todos los implicados la acepten.

En esta etapa se visualiza la ejecutividad, para pasar a un concreto plan de acción. La mejor solución concebible y con la que todo mundo esté de acuerdo no resolverá ningún problema si no se “*ejecuta*” o se pone en acción. En un plan de acción se detalla quién hará qué cosa, cómo, desde dónde, y cuándo. Se organizan las tareas a través de las cuales se implementará la decisión tomada. [9,10]

Finalmente, se aplicará un control de gestión, que observará las desviaciones a los rumbos ya planificados. Con lo cual, se deberá realizar una retroalimentación, comparando lo que ha ocurrido con lo que se había planificado. Detectando los errores y las desviaciones acaecidas.

Por lo anterior, descripto (y a modo de introducción), se puede observar, que este método para la solución de problemas nos lleva desde encontrar la causa-raíz del problema hasta la eliminación del mismo, pero, sobre todo con una conjunta acción del personal que integra un equipo y apoyando la mejora continua del lugar. [11]

En este trabajo haremos uso de diferentes metodologías, incluida la tan estudiada de George Pólya que nació en Hungría en 1887. En sus estudios, estuvo interesado en el proceso del descubrimiento, o cómo es que se desarrollan los resultados matemáticos. Advirtió que para entender una teoría, se debe conocer cómo fue descubierta. Por ello, su enseñanza enfatizaba en el proceso de descubrimiento aún más que simplemente desarrollar ejercicios apropiados de forma mecánica (sin internalizar cada paso). [11]

Para involucrar a sus estudiantes en la solución de problemas, generalizó su método en los siguientes cuatro pasos:

1. Entender el problema.
2. Configurar un plan
3. Ejecutar el plan
4. Mirar hacia atrás

Las aportaciones de Pólya incluyen más de 250 documentos matemáticos. Su famoso libro *Cómo Plantear y Resolver Problemas* que se ha traducido a 15 idiomas, introduce su método de cuatro pasos junto con la heurística y estrategias específicas útiles en la solución de problemas, enriqueció a las matemáticas con un importante legado en la enseñanza de estrategias para resolver problemas. [15]

Es evidente que hay personas que tienen más capacidad para resolver problemas que otras de su misma edad y formación parecida. Que suelen ser las que aplican

(generalmente de una manera inconsciente) toda una serie de métodos y mecanismos que suelen resultar, especialmente, indicados para abordar los problemas. Son los, procesos que se llaman “*heurísticos*”: operaciones mentales que se manifiestan típicamente útiles para resolver problemas. El conocimiento y la práctica de los mismos es justamente el objeto de la resolución de problemas, y hace que sea una facultad “*entrenable*”, un apartado en el que se puede mejorar con la práctica. Pero, para ello hay que conocer los procesos y aplicarlos de una forma planificada, con método.

Es muy importante compatibilizar las acciones y tareas desde las diferentes Escuelas de cada carrera, es decir Ingeniería Civil, en Computación, Mecánica, Electrónica, etc. Se deberá consensuar un plan a los efectos de lograr que la resolución de problemas sea un eje de discusión y trabajo adecuados para lograr la más eficiente formación de los alumnos. Se debe crear un esquema de pensamiento que sea compatible la resolución de problemas durante el cursado de la carrera con la resolución de problemas que vendrán luego en la vida profesional. La resolución de problemas es más fácil de desarrollar si se dispone de las herramientas adecuadas y se planifica una estrategia correcta. Entre las diferentes metodologías que existen, actualmente, para hacer más sencillo el análisis de problemas y la toma de decisiones que permite solucionarlos. De las diversas metodologías ya probadas, una que se destaca, es el procedimiento de las ocho disciplinas, conocido en los ámbitos empresariales e industriales con la denominación “*8D*”. El sistema propone ocho pasos secuenciales que deben seguirse si lo que pretende es solucionar con éxito la cuestión que nos ocupa y reducir al mínimo las posibilidades de que vuelva a producirse un problema similar en el futuro. El método recibe también otras denominaciones como, por ejemplo, “*Resolución de Problemas 8-D*”, “*G8D*” o “*Global 8D*”. Este es un modelo y no el único, hay muchos más. Pero, existen muchos otros que han sido analizados por este autor para calibrar algo útil en nuestra Facultad con el esquema y organigrama vigente en la actualidad. [3]

Estos sistemas tienen como objetivos principales identificar, corregir y eliminar problemas recurrentes y resulta adecuado para cualquier actividad en la que sea imprescindible mejorar procesos, servicios o productos, y ser con ello, más competitivos. Si se usan adecuadamente, permiten articular una estructura de trabajo sistematizada en la que los diferentes profesionales implicados comparten un mismo enfoque. Con ello, los sistemas de la organización (en este caso, la Facultad) mejoran, el rendimiento se optimiza y se previenen no conformidades y fallos futuros. Como problema, entendemos aquella diferencia existente entre una situación deseada que se describe; por ejemplo, en un manual o protocolo escrito, y luego, una situación real que acontece.

Esta diferencia, entre lo esperado y lo que sucede, demanda siempre soluciones rápidas y efectivas que solo se pueden identificar y ponerse en práctica si no nos limitamos a describir los síntomas y localizamos la causa raíz que genera la disonancia entre lo que esperamos (o pretendemos) y lo que realmente ocurre, de manera tal que le demos el tratamiento adecuado. Existen metodologías (ya estudiadas y probadas en otros ámbitos) que permite hacerlo. Para eso es muy importante planificar y organizar una metodología adecuada que sea lo más general posible (modelo estratégico), para luego aplicar las especificidades del caso, según la Ingeniería de que se trate (protocolo táctico).

En primer lugar, es muy importante, formar un equipo de profesores expertos capaz de cubrir todas las funciones a definir. Para solucionar un problema debemos contar con un equipo adecuado. Sin profesionales bien entrenados y con la cualificación necesaria

sobre el tema que nos ocupa, todo esfuerzo será en vano. Así, y por tanto, el primer paso a la hora de solucionar cualquier problema es establecer un equipo de investigación multidisciplinar. Todos los integrantes del mismo deben tener la experiencia necesaria, el tiempo preciso para destinarlo al grupo y autoridad suficiente y reconocida por el resto de integrantes como para aplicar soluciones. Dentro del equipo es necesario que exista un líder (Secretario Académico o Director de Escuela) que se encargue de manejar la información tanto dentro del propio grupo como entre los integrantes de este y el resto de personas a quienes les afecta el problema. El líder es, obviamente, el encargado de que se cumplan los objetivos que se establecen para el grupo. [4]

Luego, viene la correcta descripción del problema. El problema que nos ocupa debe describirse de manera clara, concisa y desde varios puntos de vista. La información para elaborar esta descripción se obtiene realizando entrevistas a las personas que trabajan en el área (o proceso) afectado por el problema que nos ocupa. Para realizar una descripción adecuada es imprescindible realizar trabajo de campo. No es válida nunca una descripción realizada por personas que desconocen el lugar y la manera como el problema sucede. Al describir el problema es importante utilizar herramientas adicionales como, por ejemplo, la clásica regla periodística de las “6 Ws”, que obliga a identificar el “qué” (*what*), el “cuándo” (*when*), el “dónde” (*where*), el “por qué” (*why*), el “quién” (*who*) y el “cómo” (*how*). Si somos capaces de responder a estas seis cuestiones, tendremos el problema completamente identificado.

Seguidamente, se deberá aplicar una acción provisional de contención, es decir una cláusula de transición. Mientras formamos el equipo e identificamos el problema el tiempo no se detiene y la cuestión que nos ocupa no deja de complicar el devenir de nuestra organización, i.e. hay alumnos en tránsito. Por ello, y mientras continuamos con nuestra labor de análisis, es necesario aplicar una solución temporal. Dicha solución debe evaluarse y probarse antes de ser aplicada, y es preciso también, documentar el proceso debidamente para que las medidas temporales que apliquemos puedan eliminarse cuando tengamos la solución definitiva. Como en todo, el diálogo es importante y la solución temporal debe ser puesta en consideración de las personas implicadas en el proceso que nos ocupa (todos los claustros: Docentes, Egresados, Estudiantes y No Docentes). [6]

Es fundamental, conocer los orígenes de la problemática, es decir hacer un análisis de la causa raíz. Una vez descrita la problemática y diseñada y aplicada una acción provisional de contención, es el momento de identificar lo que se conoce como “*causa raíz*”. La causa raíz es la razón última que se encuentra detrás de todos los síntomas que evidencian la situación problemática. Para identificarla, es necesario observar detenidamente el proceso, producto o servicio que contiene el problema y obtener información de primera mano, lo que supone contar con testimonios directos de personas afectadas por el problema. O con datos reales obtenidos a partir de la observación directa, ya que no se hace un estudio de cómo salen a la vida profesional nuestros egresados. Durante el análisis se deberán identificar las diversas causas posibles. Entonces será necesario aplicar a cada una de ellas la metodología de las 6Ws y, seguidamente, proceder a desarrollar el proceso que nos ocupa de manera íntegra. Si la causa que hemos eliminado es la verdadera causa raíz del problema, éste prontamente desaparecerá. Conviene siempre saber distinguir entre: “*síntomas*”, “*causas de primer nivel*”, “*causas de alto nivel*” y “*causa raíz*”. No se debe confundir. Los síntomas se consideran a menudo la causa, pero solo son la prueba de que el problema existe. Las causas de primer nivel son las que conducen al problema y las causas de alto nivel son

aquellas que, pese a no ser la causa directa del problema, sí que tienen un vínculo directo con la causa raíz. Ésta última, la causa raíz, se define como el mal interior o verdadera causa de la cadena de eventos que se generan como consecuencia del problema que existe. [5, 6]

Una vez finalizada la etapa estratégica propiamente dicha, se deberán desarrollar soluciones permanentes. Con la causa raíz identificada, el siguiente paso es desarrollar soluciones permanentes que la ataquen directamente. Estas soluciones deben probarse una y otra vez hasta comprobar que, efectivamente, sirven para eliminar la causa raíz. El desarrollo de soluciones permanentes suele ser un proceso largo que permite una vez se ha finalizado eliminar las acciones provisionales de contención. Los recursos de los que dispongamos condicionarán esta fase. Entonces, se procede a aplicar las soluciones permanentes. Tras el desarrollo y prueba de la solución o las soluciones permanentes, planificaremos y desarrollaremos la implementación de las mismas. Una vez aplicada, la o las, soluciones, verificaremos que el proceso se desarrolla como es debido y que el fallo (la situación problemática) que nos preocupaba ya no se da. Sin descuidar de prevenir la recurrencia. Ahora que ya sabemos cómo, dónde y por qué se producen los fallos y de qué manera podemos evitarlos, conviene extrapolar las soluciones que hemos diseñado, probado y aplicado a otros procesos similares al que nos ha ocupado. Así, evitaremos que aparezcan situaciones difíciles o problemáticas o fallos o problemas similares. [7]

Finalmente, se deberá cerrar el problema y reconocer los esfuerzos del equipo a cargo. Al final, una vez todo el proceso concluye, debemos completar los procesos administrativos que, para cuestiones como la que nos ha ocupado, exige nuestra organización, eliminar la solución temporal que adoptamos en la etapa provisoria, (siempre y cuando no forme parte de la solución permanente) y reconocer el aporte de los Profesores y Profesionales que han participado en el proceso de solución del problema. Con ello, toda la organización se beneficia y el sentimiento de pertenencia al grupo crece. Con profesionales motivados, los resultados son siempre mejores.

Adoptar un esquema de procedimiento como método de resolución de problemas es beneficioso para cualquier organización. En este caso, se deberá considerar que nuestros alumnos son el “*producto*”, nuestro cliente es la “*Sociedad*” porque fortalece la relación de la Universidad con la Sociedad. De manera análoga a una determinada Empresa con sus clientes, al permitir actuar rápidamente y, también, con posibilidades de aumentar las ventas de la eventual Empresa de manera indirecta. Además, ayuda a la Empresa a identificar y prevenir defectos a través de la entrada de información externa que, frecuentemente, proviene de clientes. Igualmente, aplicar esta metodología permite que la empresa ahorre dinero y, por último, mejora la eficiencia de las diferentes operaciones que desarrolla la organización. En el caso de la Universidad (que nos ocupa en este trabajo) es muy importante eficientizar el gasto público y lograr mejoras en el cursado de los alumnos, considerando diferentes estándares como tiempo de cursado, cantidad de materias, temas superpuestos, temas no tratados (o tratados de manera escasa), etc. [8]

Esta manera de pensar (común en la industria, pero poco aplicada a la elaboración de planes de estudio de una carrera universitaria, al menos en nuestra Facultad) facilita y ordena, además de identificar, corregir y eliminar situaciones conflictivas, establecer una práctica arquetípica basada en hechos, aprender a concentrar los esfuerzos en el origen de los problemas y aportar a la utilidad en la mejora de procesos y productos.

Que, en este caso sería para mejora de los alumnos de las carreras de Ingeniería y mejora de la Sociedad en sí misma, con mejores profesionales ingenieros. [9,12]

En nuestra comunidad académica se tiende a menospreciar la tarea que las materias básicas desarrollan en los alumnos. Tal vez la influencia de las incumbencias y la participación de los Colegios Profesionales generan ese tipo de rechazo a la preparación primigenia en cuanto a lograr un verdadero “*entrenamiento*” básico a los fines de que el alumno esté perfectamente preparado para cualquier contingencia ulterior. Es decir, se debe privilegiar lo que otros autores han denominado “*la actividad matemática*”. Es decir, se considera como objetivo general y principal, el que los estudiantes “aprendan a pensar matemáticamente” a través de la resolución de problemas. Esto es, poner el énfasis en los procesos característicos como clasificar, particularizar, generalizar y argumentar. [11] Ahora bien, cuando el énfasis está en los procesos de demostrar, definir y abstraer o en objetos matemáticos avanzados como función, límite, espacio topológico, variedades, etc., se trata del pensamiento matemático avanzado (Tall, 1988). Según Radford [15] (2006), por “*pensamiento*” entendemos reflexión, es decir, un movimiento dialéctico entre una realidad constituida tanto histórica como culturalmente y un individuo que la refracta y la modifica según las interpretaciones y sentidos subjetivos propios. Además, en el curso de la actividad matemática “los objetos matemáticos son patrones fijos de actividad reflexiva incrustados en el mundo en cambio constante de la práctica social mediatizada por los artefactos (objetos, instrumentos, sistemas de signos, etc.)”. [15]

Las definiciones y premisas son ejemplo de objetos presentes en la cultura de la comunidad matemática. Pero, en la comunidad de Ingeniería, no se puede estar volviendo atrás para cada caso. Se debe tener presente que hay ciertos conceptos que tienen el carácter de “utilitarista” es decir, lo usamos como viene (sin analizarlo demasiado). En este contexto, la definición es una forma de palabras usada para especificar un concepto y satisface las reglas de la lógica (Poincaré, 1908), citados en Puig [14] (1996). Cuando un estudiante se pone en la tarea de aprender conceptos de matemática avanzada, se encuentra con una dificultad relacionada con el entendimiento de las definiciones de los objetos matemáticos, dice Tall [18] (1992) que el problema radica en que el método individual de pensamiento sobre conceptos matemáticos no depende solamente de la forma de las palabras usadas en una definición, sino que, “dentro de la actividad matemática, las nociones matemáticas no son solo usadas acordando su definición formal, también a través de representaciones mentales que pueden diferir con respecto a diferentes personas”. [18]

El “*cómo*”, un estudiante de Ingeniería, dota de sentido a una definición de un concepto matemático enmarcado en el pensamiento matemático avanzado, utilizando como herramienta una propuesta metodológica basada en la resolución de problemas, entendida como metodología de aprendizaje, es lo que se presenta en este trabajo. Además, se plantea una reflexión acerca de cómo contribuye la sistematización y análisis del proceso de estudio de la definición, en la elaboración de significados del objeto matemático al que refiere tal definición. Tratando de adaptarlo a la Ingeniería, y no como se estudia en las carreras de Matemática en sí.

Según Puig [14] (1996), por el *proceso de resolución de problemas* se entiende “*la actividad mental y manifiesta que desarrolla el resolutor desde el momento en que, presentándosele un problema, asume que lo que tiene delante es un problema y quiere resolverlo, hasta que da por acabada la tarea*” (Puig, 1996, p.34). Partiendo de lo anterior, debemos considerar que en el proceso de resolución de problemas, es posible

que el estudiante que se enfrenta al problema, transforme el problema en otro a través de un cambio de registro, la simplificación del problema original, un caso particular o un problema general. Esto hace parte de lo que Pólya (1945) llama “*heurísticas*”. Pero, al transformar el problema en otro, es lo que Puig (1996) llama “*herramientas heurísticas*”. Las herramientas heurísticas y la búsqueda en fuentes de información están clasificadas como estrategias de resolución. [16] Esto es muy común en los principiantes estudiantes de Ingeniería, ya que comúnmente agregan datos, sustituyen datos o cambian el enunciado del problema.

Ahora bien, en el proceso de resolución de problemas, el pensamiento matemático es entendido como “*un proceso dinámico que, al permitirnos aumentar la complejidad de las ideas que podemos manejar, extiende nuestra capacidad de comprensión*” (Mason, Burton y Stacey, 1982, p. 167). Mason et al. (1982) en su libro titulado *Pensar Matemáticamente*, realizan una propuesta metodológica basada en la resolución de problemas, que permite el desarrollo del pensamiento matemático por medio de la sistematización y reflexión del proceso de resolución de problemas de cada individuo. Dicha propuesta, está influenciada por los planteamientos de Pólya (1945) sobre la manera de resolver problemas de matemáticas. Mason, Burton & Stacey [11] (1982) identifican tres fases en el proceso de resolución de problemas de matemáticas: *Entrada, Ataque y Revisión*. Estas fases están presentes en el proceso de resolución de una serie de problemas propuestos en dicho libro, los autores afirman que en el momento en el que un individuo haga explícita cada una de estas fases durante la resolución de cualquier problema de matemáticas, podrá tener herramientas que faciliten el desarrollo del pensamiento matemático. Este proceso es fundamental para el novel alumno de Ingeniería en su proceso de aprendizaje.

En la obra citada se presenta una metodología que podría ser utilizada para resolver ciertos problemas de matemáticas que no están alejados del contexto real de cualquier individuo. Es decir, la idealización típica de los problemas de Ingeniería. De esta manera, se propone una serie de estrategias para que el resolvidor (alumno) las utilice en el proceso de resolución. Estas estrategias están enmarcadas en las tres grandes fases enunciadas anteriormente y están asociadas a lo que los autores llaman rótulos. Los “*rótulos*” son unas etiquetas que aconsejan utilizar durante la resolución de cualquier problema de matemáticas y que se convierten en una manera de sistematizar el proceso de resolución, para que pueda ser analizado durante el mismo. Las características de cada una de las fases con sus respectivos rótulos son descriptos a continuación: a) *Fase de abordaje*: Esta etapa tiene que ver con formular el problema de forma precisa y decidir exactamente qué es lo que se quiere hacer. Hay que ver el problema de dos maneras distintas: identificando la información que se da (*datos*) y determinando qué es lo que se pregunta realmente (*incógnitas*). Por último, se deben hacer preparativos técnicos para el ataque central, que pueden consistir en decidir una notación a utilizar o una forma de anotar los resultados de las particularizaciones. Por estas razones es útil estructurar el trabajo en la fase de abordaje respondiendo a las tres preguntas siguientes, que a su vez son rótulos: *¿Qué es lo que sé?*, *¿Qué es lo que quiero?* y *¿Qué puedo usar?* b) *Fase de ataque*: La etapa de ataque está determinada cuando se siente que el problema se ha instalado dentro de la mente y ya es propiedad del individuo, y se completa cuando: 1) o bien, se abandona; 2) o bien, se resuelve. Puede ocurrir que exista una 3) Intentar, Podría ser, Pero *¿por qué?* Es un momento importante donde el alumno debe tomar la decisión. c) *Fase de revisión*: Está determinada cuando se consigue una resolución razonablemente buena o cuando se está a punto de rendirse, en este momento es esencial revisar el trabajo hecho. Como su nombre lo indica, es el

momento de mirar atrás, a lo que ha pasado, para mejorar y ampliar la capacidad de razonamiento y para intentar situar la resolución en un contexto más general. Comprobar, Reflexionar, y Extender. Son los rótulos que se aconseja utilizar en la fase de revisión. Es así como la metodología propuesta por Mason, Burton & Stacey (1982) privilegia la sistematización y reflexión del proceso de resolución de problemas en aras de desarrollar el pensamiento matemático. Esto es lo que Shoenfeld (1987) y también Litwin, Edith (1995) llaman “*metacognición*” y que “*se refiere al conocimiento de nuestro propio proceso cognoscitivo, al monitoreo activo y a la consecuente regulación y orquestación de las decisiones y procesos utilizados en la resolución de un problema*” (Santos, 2007, p. 59). En aquel año, la autora citada en una conversación personal le transmitió a este autor que no se podía permitir la “*banalización*” de la educación sin la incorporación de una adecuada metodología de resolución de problemas.

Por otro lado, de acuerdo con Tall [17] (1988), el pensamiento matemático avanzado ocurre en un campo conceptual matemático donde son apropiadas las estructuras matemáticas abstractas disponibles para fortalecer una red de relaciones deductivas. Por consiguiente, “*hay actividades preliminares poniendo el fundamento para el pensamiento matemático avanzado que introducen conceptos no inmediatamente abstraídos de la realidad, tal como la noción matemática de un proceso infinito, la noción de un límite, [la noción de un espacio topológico] o el cardinal del infinito*” (Tall, 1988).

Entonces, el pensamiento en Matemáticas avanzadas es más que, sólo la estructura final de la teoría matemática, como lo sería en una carrera de Licenciatura en Matemática, ya que el “*pensamiento matemático avanzado hace parte del proceso completo de resolver problemas de matemáticas, de los procesos creativos involucrando resonancias entre deducción y asociación previamente no relacionadas, o incluso indefinidas*”. (Tall, 1988, p.7). En este sentido, un proceso específico puede ser designado como pensamiento matemático avanzado porque es parte, o incluso potencialmente parte, del ciclo completo de resolución de problemas de Matemática. Es una situación que, normalmente, los Profesores de Matemática (que no son Ingenieros) no la tienen en cuenta y no inducen al alumno a concretar un camino adecuado para la correcta resolución de un problema.

La adquisición del saber es un proceso de elaboración activa de significados que luego serán utilizados en las asignaturas aplicadas de la Ingeniería. En este sentido, se podría afirmar que “*la resolución de problemas no es el fin sino un medio para alcanzar [...] esa reflexión cultural que llamamos pensamiento matemático*”. (Radford, 2006, p. 114). [15] Entonces, claramente se observa lo que muchas veces nos han dicho en Ingeniería, la Matemática para nosotros (los Ingenieros) es solo una herramienta.

3. Resultados y Discusión

El autor de este trabajo ha estado diseñando una metodología para verificar un diagnóstico en la cátedra Mecánica Analítica, donde la resolución de problemas ocupa un rol preponderante. Todavía no hay resultados concretos y confiables al respecto. Sin embargo, en la cátedra se está disponiendo de una serie de problemas para enseñar al alumno a resolverlos. En la otra asignatura: Economía, el que suscribe, suele plantear en clase el problema de evaluar proyectos donde, por ejemplo, el insumo es la TIR (tasa interna de retorno). En un proyecto con varias alternativas, el problema es muy fácil, ya que se elige la alternativa con la TIR más alta. Pero, qué pasa si el Departamento de Ingeniería no encuentra más que una sola alternativa. Entonces, nos enfrentamos con el

problema de tener una sola TIR. *¿Con qué la comparamos?* Allí, es cuando el alumno se cierra al proyecto y no se da cuenta que se tiene que “salir” del Sistema Productivo y comparar con la tasa de mercado del Sistema Financiero. Esa es, justamente, la tarea del Ingeniero: *tratar de captar (y tentar) a los inversores a que destinen sus capitales hacia los proyectos de Ingeniería.* Y no, que queden en el Sistema Financiero. Muchas veces ocurre que la solución de un problema no proviene de los datos sino que está muy por afuera de los mismos. La utilización de una metodología como la propuesta, permite realizar un ejercicio de “*metacognición*” del proceso de estudio y posterior elaboración de significados de una definición del carácter de lo descripto. Esto contribuye a dotar de algún sentido a la definición y a los conceptos asociados a ella, de esta manera se pone en evidencia que realizar una descripción del proceso de elaboración de significados de una definición, asociada al pensamiento matemático avanzado, es conveniente para la construcción de dichos significados. Es decir, dicha metodología se convierte en una herramienta al momento de dotar de sentido a los objetos matemáticos inmersos en el pensamiento matemático avanzado (especialmente, para Ingeniería).

Por último, se observa que la metodología propuesta es lo suficientemente flexible como para permitir la aparición de nuevas propuestas, tales como nuevas etiquetas, o nuevos procedimientos, para ser utilizada en el proceso de comprensión del estudio de la definición de un concepto matemático enmarcado en nuestro estudio.

La resolución de problemas es un caso especial de aprendizaje significativo, en la medida que esta tarea requiere incorporar nueva información en la estructura cognitiva del sujeto que la realiza. Se encuentra dentro de las denominadas “*Metodologías Activas de Aprendizaje*”. Aquí, es el mismo Alumno quien toma las riendas de su propio aprendizaje, se transforma en un ente activo, es quien trabaja y el profesor está como guía u orientador, alerta a cualquier complicación donde interviene dando su consejo para lograr el objetivo final, lograr aprendizajes significativos en sus alumnos que les permitan desenvolverse en el cambiante mundo de hoy. Que, además, va cambiando justamente por la utilización de, cada vez más, Ingeniería.

Veamos, someramente, cómo podría aplicarse en la enseñanza de la Ingeniería.

Por ejemplo, en la asignatura Economía se suele plantear en clásico ejemplo, donde una agencia de alquiler de automóviles está tratando de competir con algunas de las firmas más grandes de la provincia. La Dirección se da cuenta de que a los clientes actuales no les interesan muchas cosas como el tipo de cristales, radios, sistema de calefacción u otros aditamentos. El Dueño y Presidente de la agencia han estado reciclando automóviles usados para incorporarlos a la flotilla y simplificaron la estructura de la tarifa de alquiler, pues cobra \$ 10.- netos diarios por el uso del automóvil. El Ingreso Total por año es una función lineal del número de días-automóvil rentado por la agencia, esta es, si $I = \text{Ingreso Total Anual}$ y da número de días-automóvil rentado durante el año. Esto, muestra un uso práctico y sencillo de la Matemática, pero lamentablemente, un profesor que no ejerza la profesión de Ingeniero no lo puede interpretar, ya que la Matemática es una sola. Pero, la interpretación de los resultados (desde la Ingeniería) no. Otros ejemplos con una temática diferente, muchos más variados, se pueden ver a continuación.

Por ejemplo, planteamos que una empresa vende un solo producto a \$100.- por unidad. Los costos variables por unidad son de \$20.- por concepto de materiales y de \$30.- por concepto de mano de obra. Los costos fijos anuales ascienden a \$200.000.-. Formule la

función de Utilidad expresada en términos de “ x ”, número de unidades producidas vendidas. ¿Qué utilidad se gana si las ventas anuales son 60.000 unidades?

Otro ejemplo, un grupo de Ingenieros quiere formar una empresa para producir “*detectores de humo*”. Han ideado un diseño y estiman que los costos variables por unidad, incluyendo material, mano de obra y costos de mercadotecnia, son de \$20.-. Los costos fijos relacionados con la formación, operación y dirección de la empresa y la compra de maquinaria y equipo son en total \$100.000.-. Estiman que el precio de venta será de \$30.- por detector. a) Determine el número de detectores de humo que han de venderse para que la empresa alcance el equilibrio en el negocio. b) Los datos preliminares de mercadotecnia indican que la empresa venderá aproximadamente 30.000 detectores, de humo a lo largo de la vida del proyecto, si les pone un precio de \$50.- cada uno. Determine las utilidades esperadas en este nivel de producción.

También, se pueden ver en otro ejemplo, como una organización profesional está planeando su convención anual que se celebrara en Villa Carlos Paz. Están haciéndose arreglos con un gran hotel donde se llevara a cabo la convención. Los participantes en ese evento de tres días de duración pagaran \$2000.- por persona, cantidad en que se incluyen la cuota de inscripción, el hospedaje, las comidas y las propinas. El hotel cobra a la organización \$400.000.- por el uso de las instalaciones como salas de reunión, la pista de baile y los servicios recreativos. Además, el hotel cobra \$1000.- a cada huésped por el concepto de hospedaje, comidas y propinas. La organización profesional se reserva \$300.- de la cuota de \$3000.- como: cuotas anuales que se depositará en la tesorería de la oficina central. Determine el número de participantes que se necesita para que la organización cobre el costo fijo de \$300.000.- Aunque no sean propuestas tan ingenieriles.

Por otro lado, se tiene que un numeroso grupo médico se compone de 30 médicos de tiempo completo. En el momento actual, los empleados preparan manualmente las facturas, el gerente administrativo piensa que ha llegado el momento de hacer la transición de la facturación manual a la computarizada. Están estudiándose dos opciones: 1) el grupo médico puede alquilar la computadora y los programas y hacer el mismo la facturación (la opción “de hacer”); o, 2) puede contratar a una empresa de servicios computacionales que se encargue de efectuar las facturación (la opción “de comprar”). Los costos de una y otra alternativa dependen de la cantidad de facturas. La oferta más baja presentada por una empresa de servicios computacionales originara una cuota de \$400.000.- anuales más \$15.- por factura procesada. Con ayuda de un experto que el grupo puede rentar un pequeño sistemas de cómputo para negocios, junto con los programas necesarios, a un costo de \$200.000.- como resultado para aplicar en este entrenamiento propuesto.

Estos ejemplos significan un movimiento mental interesante para el alumno. En procura de tratar de desestructurar sus mentes hacia futuro. Todos estos ejemplos se pueden ver resueltos en clases de Economía de quien suscribe este artículo.

Cuando el problema es simple, la solución suele ser obvia, y no necesita seguir los pasos que describimos anteriormente. Por lo tanto, se deduce que cuando adopta este enfoque más formal, es probable que el problema sea complejo y difícil de entender, porque existe una red de problemas interrelacionados. Pero, existen numerosas herramientas que se puede usar para dar sentido a este complicado enredo. Muchos de estos ejemplos ayudan a crear una representación visual clara, al estudiante de

Ingeniería, de la situación planteada, para que pueda comprender mejor lo que está sucediendo y lo que pretende resolver.

Básicamente, la resolución de problemas es un proceso metodológico de cuatro pasos. Estos pasos te recordarán a cuando se estudió el método científico. En primer lugar, *definir el problema*. *¿Cuál es la causa? ¿Qué síntomas indican la presencia de un problema?* A continuación, *identificar varias alternativas* de soluciones. *¿Qué se aconseja para solucionarlo?* Después, *evaluar las alternativas* y elegir una de ellas. *¿Cuál es la mejor opción para solucionar el problema? ¿Cuál es la opción más sencilla? ¿Cómo se debe priorizar?* Finalmente, *aplicar la solución seleccionada*. *¿Se ha solucionado el problema? ¿Hay otra opción que debas probar?*

Si uno se fija en la historia de técnicas de solución de problemas de la psicología, se da cuenta de que hay un amplio espectro de ideas interesantes que pueden resultar útiles al respecto. Cuando se apliquen las técnicas de solución de problemas, se utilizarán una cierta variación de pasos como los que se han bosquejado como base. Antes de poder solucionar un problema, es mejor intentar comprenderlo completamente. Este proceso de resolución creativa de problemas hace hincapié en varios aspectos, a saber: *Separar la conceptualización de la evaluación*. Cuando se aportan ideas creativas (desestructuradas), deja tiempo para enumerarlas a todas. Centrarse en generar muchas ideas (alternativas). No priorizarlas ni evaluarlas hasta que se las haya anotado a todas. *Juzgar no beneficia*. Nada detiene el flujo de ideas creativas más rápido que juzgarlas en el acto. Es importante esperar hasta que haya finalizado el aporte antes de proceder a evaluar. *Replantear los problemas como preguntas*. Es más fácil conseguir que un grupo piense en ideas creativas cuando los problemas se plantean como preguntas de respuesta abierta. *Utilizar “Sí, y...” para ampliar las ideas*. Este es uno de los principios básicos de la improvisación (fundamentada). Es muy sencillo cerrarse en banda y negar ideas utilizando la palabra “pero” (por ejemplo, “pero creo que es mejor...”). Evitarlo a toda costa. En lugar de ello, ampliar lo que se dijo anteriormente diciendo “Sí, y...” para que las ideas sigan fluyendo y evolucionando. Cuando haya que aportar soluciones, generar ideas: primero, utilizando preguntas y construyendo sobre las ideas existentes; segundo, evaluar y juzgar más tarde.

4. Conclusiones y recomendaciones

La idea es armar un proyecto que deberá ser sometido a las diferentes escuelas de las carreras de Ingeniería. Este proyecto tendrá como eje principal la resolución de problemas como disparador de situaciones reales de la profesión. La resolución de problemas puede enfocarse con diferentes marcos, siendo el más utilizado en la actualidad el de Ausubel, que se justifica por tener una posición constructivista claramente orientada hacia la Enseñanza. El “*poder lograr*”, o no, resolver un problema no depende solo de conocimientos, sino también de cómo utilizamos dichos conocimientos, de forma de tomar el camino más adecuado (de los muchos que pueden haber o existir) para así facilitar su solución. Lo más importante es el nexo entre la estructura cognitiva del alumno y la nueva información que se entrega y se investiga. Para poder resolver un problema utilizando los conocimientos que posee, estos deben haber sido aprendidos “*significativamente*”. Pero, paralelamente deben manejar algunas habilidades y estrategias, para lo cual estos deben ser instruidos (lo mismo que los Docentes, quienes se transforman en facilitadores, guías y toman un papel secundario

(en el buen sentido) en el Aprendizaje de sus alumnos, quienes se transforman en los principales actores del proceso de aprendizaje. [19]

Como recomendación final, el autor Ingeniero Civil, con 33 años de profesión docente en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba y en la Facultad Regional de Córdoba de la Universidad Tecnológica Nacional, sugiere la realización de un protocolo o manual con estrategias de enseñanza basada en la aplicación de diferentes teorías y metodologías de resolución de problemas. En el caso de este autor comenzaría en la carrera de Ingeniería Civil. Para lo cual, habrá que consensuar políticas con la Secretaría Académica a los efectos de lograr resultados positivos lo antes posible.

Ante el supuesto de aceptación de la propuesta se comenzará por realizar un diagnóstico adecuado de cuál es la deserción cuáles son los motivos que la causan. Seguidamente, se elaborará un plan adecuado a las circunstancias actuales. El autor se ofrece a su total y desinteresada colaboración. [2]

5. Referencias

- [1] ABUD, D (2014). *Manual de Mecánica*, ISBN N° 978-987-29726-2-2, Córdoba: ROJAS. 218p.
- [2] ABUD, D (2015). *Economía Básica*, ISBN N° 978-987-33-6920-9, Córdoba: SOLSONA. 300p.
- [3] ABUD, D et al (1999). Conjunto de reflexiones acerca de cómo abordar la Ciencia y la Tecnología desde las materias que se enseñan en las carreras de Ingeniería. In: *El Libro Azul de la Invención Científica y Tecnológica*, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. 155p.
- [4] BINIA, M. & ABUD, D (1991). *Mecánica Teórica para Ingenierías*, UNC. Córdoba: Edit. FCEF y N. 214p.
- [5] CANÓS DARÓS L. & MAURI CASTELLÓ J. (2008). *Metodologías activas para la docencia y aplicación de las nuevas tecnologías: una experiencia*, In: http://w3.iec.csic.es/ursi/articulos_gandia_2005/articulos/otros_articulos/462.pdf
- [6] GARCÍA GARCÍA, J.J. (2000). La solución de situaciones problemáticas: Una estrategia didáctica para la Enseñanza de la Química, *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (1), p. 113-129.
- [7] GIGENA, S.; JOAQUIN, D.; BINIA, M.; CABRERA, E; ABUD, D. *Análisis Matemático II – Teoría, Práctica y Aplicaciones*, ISBN N° 987-9363-04-3, Córdoba: GALEON. 316p.
- [8] KEMPA, R.F.(1986). *Resolución de problemas de Química y Estructura Cognoscitiva*. Enseñanza de las Ciencias, p. 99-110.
- [9] MARTÍNEZ M.M. (1990). *Cambio educativo y desarrollo profesional*. In: Actas VII Jornadas de Estudio sobre la Investigación en la Escuela, ISBN 84-404-6703-6, p. 38-44.
- [10] MARTÍNEZ, M.M. & VARELA, M.P. (1997). La interacción de las características cognitivas en la capacidad de los alumnos para resolver problemas de Física. In: Comunicación presentada en el *V Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias*, Universidad de Murcia: Murcia.
- [11] MASON J, BURTON L. & STACEY K. (1982). *Pensar matemáticamente*. España: Labor S.A. 220p.
- [12] NOVAK, J.D.(1991). *Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender. La opinión de un profesor-investigador*. Enseñanza de las Ciencias, p. 215-228.

- [13] PERALES, F.J. (2000). La resolución de problemas. In: F.J. Perales y P. Cañal (Eds.) *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Marfil: Alcoy. N.
- [14] PUIG L. (1996). *Elementos de resolución de problemas*. España: COMARES. 340p.
- [15] RADFORD L. (2006). Elementos de una teoría general de la objetivación. RELIME (3) 2. p. 103-129.
- [16] SANTOS TRIGO L. M. (2007). *La resolución de problemas matemáticos fundamentos cognitivos*. México: TRILLAS. 210p.
- [17] TALL D. (1988). *The Nature of Advanced Mathematical Thinking*. Hungría: el papel de la discusión para PME. 120p.
- [18] TALL D. (1992). *Constructions of objects through Definition and Proof*. Durham: PME Working Group on AMT. 200p.
- [19] VARELA NIETO P. (1990). *La resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias. Aspectos didácticos y cognitivos*. Memoria para optar al grado de Doctor. Universidad Complutense de Madrid. 289p.