ACCIONES REMEDIALES. LAS COMPETENCIAS EN LA FORMACIÓN DEL FUTURO INGENIERIO

María Inés Cavallaro **Elsa García Argiz** **Patricia Aurucis**
micavall@fi.uba.ar egargiz@fi.uba.ar piaurucis@fibertel.com.ar
Filiación: Universidad Tecnológica Nacional. FRBA

Área temática: Investigación Educativa
Palabras clave: competencias, heurísticas, disponibilidad, causalidad, conjunción, conocimiento procedimental y conceptual, probabilidad condicional e independencia, estimación e intervalo de confianza.

Resumen
En esta investigación mostramos el tipo de actividades que benefician el desarrollo de las competencias de los futuros ingenieros tales como: tener la capacidad del manejo de situaciones bajo incertidumbre, consolidar actitudes para la solución de problemas no tradicionales con predisposición a la adopción de soluciones bajo riesgo y tener capacidad para adquirir aptitudes que le posibiliten percibir los cambios y si es posible anticiparse a los mismos (Competencias de CONFEDI [14]).Presentamos las dificultades detectadas en los alumnos, nuestros materiales remediales y la opinión de los docentes de la cátedra sobre su experiencia aúlica.

Introducción

El ingeniero argentino deberá formarse en diferentes etapas de aprendizaje, de modo de desarrollar las diferentes habilidades, destrezas y valores necesarios del nuevo profesional que requiere la sociedad y el mundo del trabajo en las primeras décadas del siglo XXI.

El ingeniero necesita desarrollar un grupo de competencias a través de su formación entre otras:

- Desarrollar en los estudiantes (futuros Ingenieros) capacidad de manejo de situaciones bajo incertidumbre, consolidando actitudes para la solución de problemas no tradicionales con predisposición a la adopción de soluciones de bajo riesgo. [14]
- Tener capacidad para adquirir aptitudes que le posibiliten percibir los cambios y, si es posible, anticiparse a los mismos.

En su trabajo profesional requerirá del conocimiento probabilístico y del estadístico en su práctica cotidiana, así como de la habilidad y criterio para estimar eventos y tomar decisiones bajo incertidumbre.

Sin embargo, los alumnos han evidenciado problemas al resolver y al hacer estimaciones en problemas de índole probabilística. Algunos de sus errores están asociados a sesgos y heurísticas del pensamiento.
En el marco del proyecto "Análisis de procesos y tratamientos de dificultades en el aprendizaje de la Matemática y la resolución de problemas para la ingeniería", muchos de nuestros trabajos han estudiado cómo el conocimiento formal impartido por el sistema educativo universitario interactúa con las heurísticas del pensamiento.[11], [12], [13] .
Para este tipo de problemática las acciones remediales que se han sugerido a partir de nuestras experiencias han sido:

o En el área de los materiales a utilizar: la incorporación de problemas no tradicionales, modelos y situaciones que permiten poner en evidencia los sesgos del pensamiento, preconceptos y heurísticas que en forma intuitiva guían las respuestas de los alumnos, para que tengan la oportunidad de reconocerlos y subsanar los errores generados, es decir, para que logren desarrollar ciertas habilidades metacognitivas. Por otro lado, los problemas propuestos se enfocan en generar habilidades de estimación cualitativa de eventos y no sólo cuantitativa como generalmente se trabajan a partir de los problemas tradicionales. La estimación probabilística es una competencia que el ingeniero debe desarrollar, ya que es sumamente importante en su desempeño profesional.

o En el área de las metodologías de enseñanza que aborden las problemáticas de aprendizaje planteadas, se ha trabajado dentro de la Teoría del Cambio Conceptual [5], [7], [8], que justamente se enfoca en lograr que los alumnos puedan tomar conciencia de los errores de concepto producidos por nociones previas y heurísticas de su pensamiento y logren reestructurar sus conocimientos logrando un cambio conceptual.

En la primera sección de este trabajo expondremos algunas de las problemáticas trabajadas, y ejemplos del tipo de material que permite evidenciar el problema y logra, por otro lado una práctica y entrenamiento en la estimación probabilística de eventos. En la segunda sección, se expondrá la metodología de trabajo en el aula dentro de la Teoría del Cambio conceptual ejemplificando con el correspondiente ensayo instruccional.[12]
Tanto los problemas como las experiencias que se mencionarán han sido experimentados en el aula. Ahora nuestro interés se centra en poner en evidencia el tipo de actividades que benefician el desarrollo de las competencias deseables y las acciones remediales medidas a partir de nuestras experiencias y de las creencias de los profesores de la cátedra.

Fundamentación

El aprendizaje de la probabilidad y de la estadística necesita tanto la integración de la nueva información como la reorganización del conocimiento existente. En muchas ocasiones, el conocimiento, las intuiciones y las creencias previas son persistentes y resistentes al cambio. En este sentido, el término "cambio conceptual" se propuso para denotar el desarrollo conceptual que implica no sólo el enriquecimiento de las estructuras existentes sino también, su reorganización o reestructuración sustancial.

Según Posner [5] el cambio conceptual consiste en el reemplazo de las viejas concepciones por las nuevas. Este proceso requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

a) Que haya disconformidad respecto de las concepciones existentes
b) Que exista una nueva concepción alternativa que sea inteligible
c) Que la nueva concepción aparezca como plausible
d) Que la nueva concepción resulte fructífera

En lo que respecta al interrogante de cómo promover el cambio conceptual, Strike y Posner [5] sugieren que la educación debe cuestionar las concepciones erróneas de los alumnos y crear conflictos cognitivos a fin de que puedan sustituir tales ideas por ideas nuevas y científicamente correctas.

Vosniadou[7,8] propone una síntesis entre la enseñanza de las ciencias y los estudios evolutivos, en la cual se considera que los conceptos siempre están insertados en contextos que se asocian con prácticas sociales y culturales específicas, y que el cambio conceptual puede ser diferente en las distintas áreas de contenidos. También estudia la relación entre el enriquecimiento conceptual, la reestructuración y la flexibilidad cognitiva.

Davis [9] propone que a partir del desarrollo de las estrategias instruccionales basadas en la teoría del cambio conceptual se comiencen a cambiar las ideas previas.

El modelo instruccional para el cambio conceptual que Davis considera, tiene en cuenta:

1) revelar a los estudiantes los preconceptos
2) discutir y evaluar los preconceptos
3) generar el conflicto conceptual a partir de los preconceptos
4) guiar hacia la generación del concepto

En este trabajo recopilamos nuestros materiales remediales que fueron trabajados con nuestros alumnos bajo la teoría del cambio conceptual.

Como sustento teórico nos basamos también en algunas de las competencias que es necesario desarrollar en los ingenieros: la toma de decisiones y la estimación de sucesos bajo incertidumbre.

“Un alumno debe responder a las competencias básicas y al inicio de las competencias genéricas. En el marco del “Ciclo Básico” de las carreras se debe asegurar la adquisición de las competencias genéricas y el inicio de las competencias específicas, en tanto que en el “Ciclo de Especialización” se debe asegurar la adquisición de las competencias específicas y las competencias laborales” []

El ingeniero argentino debe desarrollar diferentes habilidades, destrezas y valores necesarios del nuevo profesional que requiere la sociedad y el mundo del trabajo en las primeras décadas del siglo XXI.

Para ello deberá adquirir competencias:

- **Competencias básicas:**
  - lectura comprensiva y rápida, escritura, expresión oral y matemáticas básicas.
  - formular y resolver problemas de operaciones, de geometría espacial, de tratamiento de datos y situaciones aleatorias, de uso del sistema métrico.
  - observar, describir, argumentar, interpretar, proponer.
- **Competencias genéricas:**
  - realizar comportamientos laborales y habilidades que empleen tecnología.
  - manejo de algunos equipos y herramientas.
- **Competencias específicas:**
  - labores concretas propias de una profesión o disciplina que se aplican en determinado contexto laboral.
- **Competencias laborales:**
  - articulación de conocimientos, aptitudes y actitudes en el mundo del trabajo.
  - aplicar sus conocimientos a la resolución de problemas relacionados con situaciones del mundo laboral

- destreza para manejar ciertas tecnologías y para trabajar con información, así como relacionarse con otros, trabajar en equipo, y a cualidades personales como responsabilidad, adaptabilidad, honestidad, creatividad.

Desarrollo y resultados

Materiales y problemas

Problemas	Respuesta correcta	Respuesta usualmente dada	Dificultad
María y Julián participan de un juego que consiste en elegir 5 números del 1 al 100. Se sortean 5 números y gana la persona que acierta todos los números. María eligió los números 5, 6, 7, 8 y 9 y Julián los números 25, 3, 56, 78 y 17. ¿La probabilidad de que María gane es menor, mayor o igual que la probabilidad que gane Julián? Explique su respuesta.	Igual	Igual, pero con el error de considerar la probabilidad como 5/100. No reconocen la dependencia en las extracciones	Heurística de la representatividad
La probabilidad de obtener tres números pares al tirar seis dados es menor, mayor o igual que la probabilidad de obtener un número par al tirar dos dados. Explique su respuesta.	Menor	Igual, error que aparece al suponer equiprobabilidad o proporcionalidad 3/6 = ½ Se cree que el tamaño de la muestra no es relevante.	Heurística de la representatividad
Considerando un grupo grande de socios de un club se eligen 10 personas de este club para formar comités encargados de las tareas recreativas de los niños de la colonia. ¿Cuántos comités se pueden formar si se eligen 8 personas entre las 10? ¿Cuántos comités se pueden formar si se eligen 4 personas entre las 10?	Igual cantidad	Se entiende fácilmente que hay 10 comités disjuntos de 2 personas, pero ningún par disjunto de 18. s.	Heurística de la representatividad
Martín es fanático de las películas de Ciencia Ficción. En un Video Club encuentra disponibles dos de sus películas favoritas. La probabilidad que alquile una de las películas es mayor, menor o igual a la de que alquile ambas	Mayor	Los alumnos estimaron incorrectamente que la probabilidad de uno de los eventos simples es menor que la probabilidad de que se produzcan ambos eventos	Falacia de la conjunción
Si la probabilidad de que una persona tenga ojos azules es p: ¿la probabilidad que una hija tenga ojos azules si la madre los tiene es mayor menor o igual que la probabilidad de que una madre tenga ojos azules si la hija los tiene?	Igual	Se percibe el dato de que la madre tenga ojos azules como la causa de que la hija los tenga, desestimando el	Esquema causal

		dato (mencionado explícitamente) de que la probabilidad de que una persona tenga ojos azules es p.	
En cada uno de los siguientes ítems decida si las situaciones planteadas en a) y b) son similares o diferentes. Justifique su respuesta 1) En una caja hay 3 bolillas rojas y 4 verdes. a) Se extraen sucesivamente dos bolillas de la caja una roja y otra verde. b) Sabiendo que salió una bolilla roja la segunda bolilla que se extrae es verde. 2) a) Juan está en segundo año de la Facultad y este cuatrimestre cursa Probabilidad y Estadística. b) Sabiendo que Juan está en segundo año de la Facultad, este cuatrimestre cursa Probabilidad y Estadística.	Igual	Distintas	Probabilidad conjunta versus probabilidad condicional
La duración de los tubos de luz de marca A es una variable aleatoria con distribución aproximadamente normal con un desvío estándar de 100 horas. Se toma una muestra de 9 tubos y la duración de los mismos resulta: 1510 1570 1490 1525 1460 1540 1560 1480 1590 a) Estime la duración media de los tubos de luz de marca A ***b)*** Estime la duración media de los tubos de luz de marca A mediante un intervalo de confianza del 95%. Interprete el resultado obtenido.	Se debería estimar a partir de la variable media muestral. Se debería concluir que existe una confianza del 95% de que el intervalo hallado contenga al verdadero valor de media poblacional.	La probabilidad de que la media poblacional pertenezca al intervalo es 0.95.	No distingue parámetro de estadística, en la teoría clásica. No distinguen que lo aleatorio son los extremos del intervalo.

Metodologías remediales para creencias erróneas que requieren un cambio conceptual

En nuestro trabajo de cambio conceptual en estadística [13] se trabajó con cinco comisiones de alumnos (edades entre 19 y 25 años) de la FRBA (UTN) que cursaban Probabilidad y Estadística. Se los dividió en dos grupos uno experimental de 90 alumnos (GE) y el otro de control de 60 alumnos GC).

En el grupo control se realizó la enseñanza del tema según el método tradicional. Desarrollo teórico del tema por parte del docente y luego resolución de ejercicios. En el grupo experimental Se introdujo el concepto de intervalo de confianza a partir de los preconceptos manejados por los alumnos, como media muestral, distribución en el muestreo de las variables, parámetro estadístico. Fueron testeados los preconceptos y la mayoría de ellos los habían incorporado correctamente.

A modo de conclusión en el área de los materiales con problemas no tradicionales, observamos que este material permite evidenciar los sesgos del pensamiento, preconceptos y heurísticas que en forma intuitiva guían las

respuestas de los alumnos, para que tengan la oportunidad de reconocerlos y subsanar los errores generados, es decir, para que logren desarrollar ciertas habilidades metacognitivas. Por otro lado, como planteamos en un comienzo destacamos que los problemas propuestos se enfocan a generar habilidades de estimación cualitativa de eventos y no sólo cuantitativa como generalmente se trabajan a partir de los problemas tradicionales. La estimación probabilística es una competencia que el ingeniero debe desarrollar, ya que es sumamente importante en su desempeño profesión y a partir de nuestros materiales remediales acercarnos más al desarrollo de esta competencia

Cuestionario suministrado a los docentes

1. ¿Cuáles son los conceptos en los qué fallan frecuentemente los alumnos?
2. ¿Por qué piensa que los alumnos se equivocan en los conceptos que señaló previamente?
3. ¿Piensa que las competencias tales como la toma de decisiones y la estimación son estimuladas en el dictado de sus cursos a partir de alguna metodología en particular?

Algunas respuestas de los docentes:
Docente 1:"Los alumnos fallan en conceptos tan básicos como es el de Probabilidad, de allí en mas todo es repetición La falla obedece a que los contenidos se basan en el aprendizaje como repetición y no como construcción. Tanto la guía de trabajos prácticos, exámenes parciales y finales tienen ese objetivo subyacente (el de la repetición). Si la probabilidad fuera enseñada desde la inferencia, a partir de su sentido predictivo, el tipo de aprendizaje seria diferente. Esto por supuesto, va de la mano con contenidos y métodos: el estudio de un caso seria muchísimo mas productivo, como así también una buena guía, con consignas que apunten a motivar el razonamiento y no la mera repetición condicionada de contenidos. Priorizar el razonamiento critico de conceptos y no un resultado que se obtiene utilizando mecanismos que se internalizan. Esos deberían ser los objetivos que guían el accionar con el fin de aprender."

Docente 2: "Cada vez observo más problemas de: (a) lectura y comprensión de textos (b) imposibilidad de aplicar la notación matemática rigurosamente (c) falta de razonamiento matemático secuencial, caso: demostraciones de teoremas.2. Creo que se equivocan en esos ítems por que se les permite hacerlo desde la escuela primaria; pues promueven de año aún los alumnos con fuerte carencias de conocimientos.3. No veo ninguna metodología que estimule particularmente la toma de decisiones ni la estimación. Ambas cuestiones son contenidos que se explican bien o mal con las mismas metodologías que otros temas"

Docente 3: "Los alumnos fallan en la interpretación de las consignas, no aplican bien el concepto de probabilidad condicional ni el de independencia de sucesos, también se equivocan en la interpretación de los intervalos de confianza, en la formulación de las hipótesis de los tests. Pienso que la falla se produce porque no estudian lo suficientes, algunas son inherentes a los conceptos y a las fallas que en general cualquier alumno que estudia probabilidad comete. Yo trato de estimular a mis alumnos haciéndolos trabajar en clase, proponiéndoles ejercitación variada y en algunas ocasiones uso algún programa como EXCEL que facilita cálculos"

Docente 4:" Mis alumnos estudian poco y apenas me alcanza el tiempo para terminar el programa no creo que los alumnos desarrollen las competencias citadas"

Docente 5: "Todos los grupos no son iguales, la mayoría falla en los conceptos de sucesos independientes y sucesos mutuamente excluyentes.
En los intervalos de confianza fallan en la interpretación e interpretan mal los errores en las pruebas de hipótesis. Trato de incentivar a resolver la ejercitación que propone la cátedra y siempre dispongo de problemas motivadores para cada tema pienso que así lograré incentivar la creatividad de los alumnos"

De las respuestas de los docentes de la cátedra entre los cuáles nos incluimos destacamos lo siguiente:

1. Los conceptos en los que fallan los alumnos son:
   - Confusión en los conceptos de probabilidad conjunta de sucesos y probabilidad condicional. Les cuesta distinguir entre la ocurrencia simultánea de dos sucesos y la ocurrencia de uno teniendo información sobre la ocurrencia del otro.
   - Los conceptos de sucesos independientes y sucesos mutuamente excluyentes. Los lleva a concluir que dos sucesos independientes no pueden ocurrir simultáneamente.
   - Definición errónea del espacio muestral. Creencia de equiprobabilidad cuando no la hay.
   - Dificultad en el concepto de variable aleatoria, especialmente en el caso continúo con la función de densidad. Función de distribución.
   - Aleatoriedad. Esto se ve tanto en probabilidad como en estadística donde les cuesta distinguir lo que es variable de lo que es un valor constante para la población. Estadísticos y parámetros.
   - El concepto de muestra aleatoria y las distribuciones de los estadísticos con los que trabajan.
   - Muchas veces confunden la información muestral con la poblacional.

- En estimación clásica por intervalos de confianza piensan el parámetro como una variable que puede pertenecer al IC y no ven que en realidad lo que depende de la muestra son los límites del mismo.
- Interpretación de los errores en las pruebas de hipótesis.

2. En esta pregunta podemos distinguir dos tipos de respuestas:
   a) las relacionadas a los contenidos de la materia:
- El pensamiento probabilístico es distinto al resto del pensamiento matemático.
- Hay conceptos difíciles de incorporar que los docentes creemos que los alumnos han incorporado y al evaluarlos se ve la persistencia de los errores antes mencionados.
- Algunos juicios bajo incertidumbre son hechos con intuiciones y preconceptos equivocados.
- Son muchos contenidos para el tiempo de clase que se tiene y los alumnos no tienen tiempo para incorporarlos.

   b) las que se refieren a la actitud de lo alumnos:
- Los alumnos no dedican suficiente tiempo a estudiar la materia.
- No leen la bibliografía ni concurren a clase con los temas de la clase anterior leídos.
- Tienen dificultades matemáticas y falencias previas.
- Mala formación matemática de base.

3.
- La mayoría de los docentes utiliza la metodología tradicional. Explican la teoría, demuestran algunos teoremas y luego resuelven ejercicios.
- Muy pocos docentes realizan algunas experiencias aúlicas distintas y aluden a la falta de tiempo y la poca motivación de los alumnos.
- La implementación de modalidades innovadoras para desarrollar las competencias mencionadas llevan mucho tiempo y entonces es imposible cumplir con el cronograma establecido.
- Se trata de desarrollar las competencias peor sin demasiada participación de los alumnos en clase.

Las acciones remediales de los docentes se centran en un cambio de actitud del alumno hacia el estudio pero no indican como lo favorecerían.
Nosotros como grupo de docentes queremos revertir nuestra propia actitud y la tendencia hacia el desarrollo tradicional de las clases.
Nosotras proponemos desarrollar algunos seminarios para compartir con los docentes nuestras experiencias y para intercambiar material de lectura que sirva de sustento al marco teórico en el que venimos trabajando "Cambio conceptual".
Si los docentes pueden conocer el origen verdadero de los errores más frecuentes de los alumnos podrán encontrar sus propias acciones remediales y compartir con el resto de la comunidad.

Referencias bibliográficas

[1] Fischbein,E.&Schnarch,D . The evolution with age of probabilistic, intuitively based misconceptions. Journal for Research in Mathematics Education 28(1), 96-105. 1997
[2] Fischbein, E. & Grossman, A . Schematas and Intuitions in combinatorial reasoning. Educational studies in Mathematics 34. pp 27-47. Kluwer Ac.Publishers. Netherlands. 1997
[3] Kahneman, D., Slovic, P, Tversky, A. (eds) Judgment under uncertainty: Heuristic and biases. Cambridge University Press, Cambridge. 1982
[4] Hiebert, J. & Lefevre, P., Conceptual and Procedural Knowledge in Mathematics: an Introductory Analysis, Conceptual and Procedural Knowledge: The Case Of Mathematics, Lawrence, Erlbaum Associates Publishers, Hillsdale, N.J. pp. 1-23. 1986.
[5]Posner, G y otros. (1982). Accomodation of a scientific conception: Towards a theory of conceptual change. Science Education, 66, 211-227.
[6] Rittle-Johnson, B, Siegler, R, Wagner Alibali, M (2001). Developing Conceptual Understanding and Procedural Skills in Mathematics: an iterative Process. Journal of Educational Psychology. Vol 93 (2). pp. 346-362.
[7] Vosniadou, S. (2004). Extending the conceptual change approach to mathematics learning and teaching. Special Issue on Conceptual Change. Learning and Instruction 14, 445-451.
[8]Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A., & Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. Learning and Instruction, 11. 381–420.
[9] Davis,J.(2001) Conceptual Change.In M. Orey(Ed).Emerging perspectives on learning, teaching and technology.
[10] Tversky,A.& Kahneman,D.(1982) Judgment under uncertainty: Heuristic and biases. In Kahneman, D., Slovic, P, Tversky, A. (eds) Judgment under uncertainty: Heuristic and biases. Cambridge University Press, Cambridge

[11] Estimative abilities in probabilistic judments of engineering students**.** Autores: María Inés Cavallaro- Marta Anaya – Elsa García Argiz – Patricia Aurucis. *Internacional Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, Vol 38, No 7,15. ISSN 0020-739X. Octubre 2007. 917-925
[12] "Cambio conceptual en probabilidad"(2007). Autores María Inés Cavallaro - Elsa García Argiz - Patricia Aurucis. *Editorial de Universidad Nacional de Mendoza*. Año 2007.
[13] "Cambio conceptual en estadística".(2009) Autores María Inés Cavallaro - Elsa García Argiz - Patricia Aurucis. *Editorial de Universidad Nacional de Tucumán*. Año 2009
[14] XXXVII Reunión Plenaria CONFEDI(2007)