

PUBLICACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO



**PUBLICACIÓN DE LA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS,
INGENIERÍA Y AGRIMENSURA**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
2017

Publicación de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura:
Secretaría de Desarrollo Institucional, Área Tecnología, Educación e Innovación
Miriam Scancich; Marta Susana Yanitelli; compilado por Miriam Scancich; Marta Susana Yanitelli.

Primera Edición Compediada - Rosario.
Editorial Asociación de Profesores de la Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería de la
Universidad Nacional de Rosario, 2018.
140 p.; 29 x 21 cm.

ISBN 978-987-3662-34-8

1. Universidad. 2. Historia de la Ciencia Argentina. 3. Nuevas Tecnologías.
I. Scancich, Miriam II. Yanitelli, Marta Susana, comp. III Scancich, Miriam, comp. IV. Título.

CDD 378.007

Fecha de catalogación: Octubre 2018

Diseño y diagramación: Área Comunicación y Prensa FCEIA - UNR

PUBLICACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA

Compiladoras

Dra. Miriam Scancich

Dra. Marta Yanitelli



**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS,
INGENIERÍA Y AGRIMENSURA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO**

AUTORIDADES

DECANA

Mgter. Ing. María Teresa Garibay

VICEDECANO

Ing. Zenón Luna

SECRETARIA ACADÉMICA

Dra. Graciela Utges

SUBSECRETARIO ACADÉMICO

Ing. Mauro Soldevila

SUBSECRETARIO DE INFORMÁTICA

Bach. Univer. Cs. Ing. Alfonso Pons

SECRETARIA DE DESARROLLO INSTITUCIONAL

Dra. Marta Yanitelli

SECRETARIO DE ASUNTOS ESTUDIANTILES Y
RELACIONES UNIVERSITARIAS

Ing. Ezequiel Magnani

SUBSECRETARIA DE ASUNTOS ESTUDIANTILES Y
RELACIONES UNIVERSITARIAS

CP Valeria Zilli

SECRETARIA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Dra. Sonia Concari

SUBSECRETARIA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Ing. Gabriela Figallo

SECRETARIO DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA

Ing. Damián Portaro

SECRETARIO FINANCIERO

CP Gustavo Evangelisti

SECRETARIO TÉCNICO

Ing. Jorge Ronco

SUBSECRETARIO TÉCNICO

Sr. Gabriel Moroni

DIRECTOR GENERAL DE ADMINISTRACIÓN A/C

Prof. Juan Carlos Bue

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Editorial

9

Actividades realizadas en el marco del 50º Aniversario de las
Licenciaturas en Física y en Matemática

10

Algunas voces y vivencias de la Licenciatura en Matemática

11

Recorriendo la historia de la Licenciatura en Física

18

V JORNADA DE EXPERIENCIAS INNOVADORAS EN EDUCACIÓN EN LA FCEIA

Comités

27

Presentación

28

Programa de Actividades

29

Presentaciones en Sesiones Murales

30

Trabajos Completos

33

EDITORIAL

ESTIMADA COMUNIDAD DE LA FCEIA

La presente publicación contiene el registro de actividades llevadas adelante por nuestra Facultad durante el año 2017.

Publicamos aquí los trabajos presentados en la "V Jornada de Experiencias Innovadoras en Educación en la FCEIA" EIEF 2017. Esta Jornada es un espacio que mantenemos orgullosamente desde hace algunos años, ya que allí se visibiliza el interés y el trabajo realizado por los docentes para la mejora de su actividad áulica.

Así, también, en el año 2017 se cumplieron 50 años del inicio del dictado en nuestra institución, de la Licenciatura en Física y la Licenciatura en Matemática. En este marco se llevó adelante un ciclo de charlas y conferencias que nos permitió contar con la visita de profesores del país y del extranjero y la participación de todos los claustros de la FCEIA.

Estas actividades ponen de manifiesto una comunidad activa, comprometida con su formación, con la institución y con la educación superior en su conjunto. Conscientes de la trayectoria institucional, y de una historia que la posicionó en el mundo universitario nacional e internacional cada año los miembros de esta casa redoblan el compromiso para continuar siendo referentes en cada una de las disciplinas que nos son propias.

Así lo entendemos también todos los que hoy formamos parte de la gestión de esta Facultad y es en ese sentido que trabajamos organizando, apoyando, gestionando, acercando actividades para alumnos, docentes, nodocentes y graduados.

Los 100 años de la Reforma Universitaria nos encontraron con nuevos retos, pero también con la necesidad de alzar la voz en defensa de la educación pública en general y de la universitaria en particular. Estos 100 años de historia desde aquel 1918, nos encontraron unidos, con fuertes convicciones y espíritu activo, sintiendo el acompañamiento de toda una sociedad que es en definitiva, nuestro sostén y nuestra razón de ser.

Formación, investigación, extensión y vinculación tecnológica son los pilares sobre los que se basa la misión de nuestra universidad. Seguiremos trabajando para cumplir con cada desafío que nos permita llevarlos a cabo.

María Teresa Garibay
DECANA - 2017

CICLO DE CHARLAS REALIZADO EN EL MARCO DEL 50° ANIVERSARIO DE LAS LICENCIATURAS EN FÍSICA Y EN MATEMÁTICA AÑO 2017

17 MAYO

El devenir de las Licenciaturas en Matemática y en Física en la FCEIA

Lic. Graciela Garguicevich - Dr. Roberto Rivarola

14 JUNIO

Experiencias de vida como graduados y docentes de las Licenciaturas

Dra. María Eugenia Torres - Dr. Ricardo Migoni

8 SEPTIEMBRE

Modelos Matemáticos para el crecimiento de tumores

Dra. Cristina Turner

6 NOVIEMBRE

50 Años: Momentos de la vida matemática rosarina

Dr. Domingo Tarzia

50 Años: Repaso de la vida del primer Licenciado en Física de nuestra Licenciatura

Dr. Alberto Armas

7 NOVIEMBRE

Mentes que inspiran - Conversaciones con las grandes mentes de la actualidad

Lic. Demian Nahuel Goos

8 NOVIEMBRE

La teoría de control óptimo en Rosario. Algunas aplicaciones en economía y en la gestión de recursos naturales

Dra. Mabel Tidball

En simultáneo con el "Ciclo de Charlas" se realizaron diversos Seminarios en los que participaron como invitados profesores extranjeros (Eslovenia, Francia, Brasil, Chile) y nacionales (UBA, UNC, UNVM). También exposiciones pensadas como ámbitos para compartir experiencias en investigaciones actuales, en temas tales como aplicaciones de la matemática; Teoría de Grafos, programación entera y combinatoria poliedral; geometría diferencial entre otros.

El día 9 de Noviembre se llevó a cabo la Cena Aniversario. El encuentro que se realizó en un importante club de la ciudad, se constituyó en un espacio de celebración para toda la comunidad, vinculada con las licenciaturas, que festejó sus 50 años de trayectoria. Estuvieron presentes la Decana de la Facultad, María Teresa Garibay, docentes y autoridades de la FCEIA.

ALGUNAS VOCES Y VIVENCIAS DE LA LICENCIATURA EN MATEMÁTICA

CRÓNICA NO OFICIAL DE LAS PRIMERAS DÉCADAS DE LA LICENCIATURA EN MATEMÁTICA

Por Mg. Elisa Petrone

Agradeciendo la invitación para aportar a esta publicación, que realiza la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA) en ocasión de conmemorarse el 50° aniversario del comienzo de la Licenciatura en Física y de la Licenciatura en Matemática (LM), procuraré exponer mi visión sobre cómo fueron cambiando las condiciones de funcionamiento de esta última desde su creación.

Lo haré teniendo en cuenta mis perspectivas de alumna, egresada, docente y directiva de la carrera, y siempre –¿cómo no hacerlo?– desde mi particular visión de mujer, que fue creciendo junto a ella. Algunas anécdotas personales darán testimonio de situaciones análogas vividas por otros integrantes de la comunidad de la LM.

La actual FCEIA comenzó a funcionar en 1920 como Facultad de Ciencias Matemáticas, Físico Químicas y Naturales aplicadas a la Industria.

En 1938 se creó el Instituto de Matemática al que se incorporaron dos eminentes matemáticos de prestigio internacional, el Dr. Luis Santaló y el Dr. Beppo Levi, quienes imprimieron un fuerte impulso a la disciplina entre los ingenieros y agrimensores que, por entonces, atendían las cátedras de las ciencias básicas en la Facultad. Entonces comenzaron a editarse revistas de carácter científico que difundían la actividad de investigación y que permitieron la incorporación a la hemeroteca de numerosas publicaciones internacionales.

En la década del 60 la Facultad fomentó que varios docentes del Departamento de Matemática reforzaran su formación realizando estudios de Licenciatura o Doctorado en Matemática en otras universidades, nacionales o del exterior.

Como consecuencia de todo ese crecimiento, y teniéndolos a ellos como principal cuerpo docente, fue creada la LM que comenzó a funcionar en 1967, con cursos básicos comunes con los de carreras de ingeniería y LF. Su génesis determinó el carácter predominante en su funcionamiento por muchos años: gran dedicación del cuerpo docente a la planificación y desarrollo de las clases de Matemática, transmitiendo en la acción el gusto hacia ella y su enseñanza.

Entre los primeros alumnos de la LM había docentes del Departamento de Matemática –ingenieros, agrimensores y profesores en Matemática que la tomaban como una segunda carrera–, ingresantes directos recién egresados de la escuela secundaria y estudiantes de otras carreras, que decidían cambiarse a ésta o cursar ambas. Este aspecto apenas cambió con el tiempo: hoy la cursan algunos profesores en Matemática que son docentes en el Departamento y los otros dos grupos siguen vigentes.

Mi caso es uno de los tantos correspondientes al tercero de esos grupos. En efecto, ingresé a la Facultad en 1967 como alumna de Ingeniería Electricista, siguiendo un buen consejo que me dio un psicólogo orientador vocacional. Con solo 16 años no sabía elegir entre tantas disciplinas diferentes que me gustaban, él detectó una ligera inclinación hacia las ciencias y/o técnica y me sugirió empezar "alguna carrera" de esta facultad hasta descubrir hacia donde se inclinaba mi preferencia. Cursé los dos primeros años con bastante regularidad y satisfacción, pero en el tercer año, enfrentada a cables y amperímetros, supe que la técnica no era mi interés y decidí probar con la Matemática, cuyos cursos básicos de Ingeniería me habían gustado mucho.

Una de las primeras materias específicas que cursé de la LM fue Complementos de Álgebra, ¡me dio vuelta la cabeza! Grupos, Anillos, Espacios Vectoriales, Transformaciones Lineales, didácticamente presentados por el Lic. Sergis Bruno, iniciaron mi aprendizaje del tratamiento de los sistemas axiomáticos, con su lógica, su rigor y su belleza, reafirmando mi decisión de continuar en esta carrera.

En 1970 un grupo de compañeros estudiantes de la LM iniciamos la actividad de docencia, en calidad de ayudante ad-honorem, y varios logramos en un concurso del año siguiente nuestro primer cargo rentado en la Facultad. Cabe consignar que, por entonces, había un único Departamento de Matemática que atendía las ingenierías y licenciaturas y que los docentes íbamos rotando por diferentes materias, año a año, en función de las nuevas necesidades que surgieran, en particular de la LM. La carrera empezaba a albergar entre su cuerpo docente a los propios estudiantes que estaba formando, un primer logro interesante. También, en los primeros años de la década del '70, varios estudiantes de la LM fuimos alcanzando cargos docentes en otras facultades y universidades cercanas.

El Plan de Estudios '67 incluía, hacia el final de la carrera, tres materias optativas. Elegí cursarlas en la rama del Álgebra junto a dos compañeras con quienes conocimos Módulos, Categorías, Funtores y también la Teoría de Galois, que sustenta la imposibilidad de obtener una fórmula resolvente para ecuaciones polinómicas de grado mayor o igual a 5. ¡Un placer!

En 1975, habiéndonos recibido las tres en el año anterior, solicitamos al Dr. Miguel Ferrero, docente del Departamento especialista en Álgebra y de quien habíamos sido alumnas en materias optativas, que nos dirigiera en la formación de posgrado e iniciación en investigación en el área. Inicialmente no pudo asumir una tal tarea por problemas personales y, al muy poco tiempo, debió emigrar de improviso del país porque estaba siendo perseguido por razones políticas, corrándose esa posibilidad para siempre.

No hubo, por algunos años, en el Departamento de Matemática quien desarrollara investigación incluyendo la dirección de jóvenes que quisieran iniciarse en ella. En la década del '70 los egresados de la LM que deseaban realizar posgrados y doctorarse debían radicarse temporariamente en otras ciudades o en el exterior –las comunicaciones no eran tan fluidas como ahora– razón por la cual solo lo hicieron varones (ya era bastante avanzado para la época que las mujeres dejaran a los hijos al cuidado de otra persona para asistir a un trabajo). Así, la docencia universitaria era la principal salida laboral de la LM, y era importante tanto por la cantidad de puestos como por la aptitud y dedicación demostradas en la acción por sus egresados.

En la década del '80 se dieron varios hechos que marcaron el comienzo de una nueva etapa. En 1984 comenzó a funcionar un nuevo esquema organizativo en la Facultad: se creó la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, con sus Departamentos de Matemática y de Física, en la que funcionaban las LM y LF. Esto determinó que los cursos iniciales de estas carreras se dictaran separados de los de ingeniería, lo que permitió darles una impronta más acorde a sus necesidades, y que el cuerpo docente y directivo fuera designado en función de su formación vinculada a la misma.

En 1988 comenzó a funcionar el Profesorado en Matemática, creado por iniciativa de docentes del Departamento de Matemática, entre quienes cabe recordar a los Dres. Pedro Aranda y Enrique Cattaneo. Las materias de formación específica se cursaban en común con algunas de la LM. Desde entonces muchos estudiantes cursaron ambas carreras, o bien, se pasaron de una a otra, enriqueciéndose mutuamente con las formaciones matemática y pedagógica.

Las actividades de posgrado e investigación empezaron a materializarse, principalmente dirigidas en sus comienzos por egresados de la LM que habían realizado doctorados, creando las condiciones para que en 1987 comenzara a funcionar en la FCEIA el Doctorado en Matemática.

Quizás por haber surgido en el seno de carreras de ingeniería el Análisis Matemático era, por entonces, el área de formación predominante en la currícula de la LM y también se basaban conceptualmente en él varios de los temas trabajados en actividades de investigación. La incorporación a la carrera de docentes provenientes de otras universidades agregó actividades de investigación en áreas tradicionales como Topología y Geometría. Varios egresados y docentes de la LM comenzamos a prepararnos en otras áreas temáticas, gestando las bases de dos nuevos hechos relevantes.

Uno fue la formulación y puesta en marcha en 1989 de un nuevo Plan de Estudios de la LM con dos Orientaciones, Pura y Aplicada. Esta última incluía materias con contenidos novedosos para la carrera tales como Programación Lineal y No Lineal y temas habitualmente encuadrados en cursos de Investigación Operativa, algunos con base en Matemática Discreta.

El otro fue la elaboración del proyecto y creación de una nueva carrera, la Licenciatura en Ciencias de la Computación que, por cuestiones operativas, demoró algunos años en comenzar a funcionar, haciéndolo en 1995 en el Departamento de Matemática, y estando a cargo de sus docentes muchas de sus primeras materias.

Ambos hechos se vinculan con la consolidación paulatina de un numeroso equipo de investigación en temas de Matemática Discreta y Combinatoria.

Las últimas dos décadas estuvieron atravesadas por los procesos vividos en todo el sistema universitario argentino, vinculados a la aplicación de parámetros externos de evaluación (Acreditación de carreras de grado y posgrado, Categorización de docentes para incentivos a la investigación, Proyectos de mejoramiento de la Calidad Educativa, etc.) que determinaron nuevos cambios en la carrera de grado y creación y/o reformulación de carreras de posgrado de Matemática. También se intensificaron las vinculaciones con otras universidades, ya sea por la participación en proyectos conjuntos como por el incremento de actividades de intercambio. Se incorporaron nuevos docentes y nuevas áreas temáticas de investigación y se incrementó fuertemente la cantidad de investigadores en carrera de Conicet así como la cantidad de becarios de esa misma entidad.

El menor nivel de detalle en el relato de toda esta última etapa, tan rica en avances, obedece al hecho de que al ser más reciente está viva en la presencia de quienes hoy componen el ambiente de la LM, ellos pueden contarla mejor que yo.

Mi intención ha sido la de compartir mi experiencia como integrante de la comunidad inicial de la LM, a través de la cual se advierte cómo fue evolucionando el clima de su funcionamiento desde sus ya lejanos comienzos.

Sintéticamente podría decirse que en una primera etapa muchos de sus docentes vivían la carrera como la culminación de la formación matemática y transmitían pasión por ella en su enseñanza, y por la enseñanza también, formando en la acción otros buenos docentes que, en la práctica, no encontraban otro campo de actuación por falta de adecuadas condiciones institucionales.

En una segunda etapa la carrera ganó identidad y de su cuerpo docente, integrado también por varios de sus primeros egresados, fueron surgiendo propuestas de crecimiento por incorporación de nuevas áreas temáticas, así como también proyectos de investigación y nuevas carreras de grado y posgrado.

Las nuevas generaciones de egresados aprovecharon estas condiciones, así como cuestiones coyunturales de política universitaria a nivel nacional, para potenciar las actividades de posgrado e investigación naturalmente vinculadas a una carrera científica.

Quiero cerrar esta presentación con la lista de egresados de la Licenciatura en Matemática, recordando con cariño a quienes han fallecido y siguiendo el orden cronológico en que fueron completando la carrera. Ellos son:

20/12/1972	TARZIA, Domingo Alberto	04/03/1980	ARNULFO, Angélica Rosa
23/02/1973	JEIFETZ, Nidia Gabriela	04/03/1980	CORVINI, Carlos Alberto
09/03/1973	GARGUICHEVICH, Graciela Graciana	16/12/1980	MAINIERI, Ileana Elsa
05/05/1973	BANCORA, María Cristina	10/03/1981	FASCELLA, Marha Beatriz
13/08/1973	MENALDI, José Luis	10/03/1981	MASIA, Hugo Víctor
21/08/1973	TAIANA, Aída Lucrecia	10/03/1981	YERCOVICH, Silvia Simona
12/02/1974	GONZALEZ, María Inés	28/07/1981	ANIDO, Mercedes Alicia M.
07/03/1974	GONZALEZ, Roberto Lisandro V.	15/12/1981	SANZIEL, María Cristina
29/03/1974	BASTIAN, Liliانا Rita	23/02/1982	NASINI, Graciela Leonor
01/04/1974	BONACINA, Marta Susana	23/02/1982	TURNER, Cristina Vilma
26/04/1974	VERDES, Rafael Venancio	02/08/1982	SASTRE, Emilio Marcos
09/03/1974	KANTOR, Raúl Eduardo	16/11/1982	BRUNO, Mercedes Beatriz
12/12/1974	PETRONE, Elisa Norma	14/12/1982	CASALI, Ana
12/12/1974	BREVI, Leonor María	05/09/1983	DECO, Claudia Susana
24/02/1975	ACCURSO, Silvia Nora	13/12/1983	LARDONE, Marisa Beatriz
03/03/1975	FONSECA, Cristina Nora	05/03/1984	MONTELLAR, María Susana
23/12/1975	TORRES, María Eugenia	19/03/1984	GAVOSTO, Estela Ana
26/02/1976	STAMPELLA, Mirta Beatriz	19/03/1984	TIDBALL, Mabel María
11/03/1976	AGUIRRE, María Cristina E.	19/03/1984	TORRES, Rodolfo Humberto
18/03/1976	KATZ, Raúl David	21/05/1984	RUBIO ESCOLA, Héctor Eduardo
11/06/1976	SCHWER, Ingrid	15/05/1985	MARTINEZ, Jorge Enrique
01/09/1976	SERRA, Amelia Diana	17/03/1986	CABELLO, Nora Mónica
08/11/1976	NOCHETTO, Ricardo Horacio	20/05/1986	ARAGONE, Laura Susana
18/11/1976	VARALDO, María Del Carmen	20/05/1986	ARGIROFFO, Gabriela Rut
22/11/1976	CEBUHAR, Wenceslao Ángel	22/05/1986	BIANCHI, Silvia María
21/12/1976	MONTI, Graciela Blanca	22/05/1986	MARELLI, María Celia
12/07/1977	GARCIA PAREDES, Adriana Beatriz	01/10/1986	VOZZI, Ana María
09/03/1978	MONTORFANO, Marta Estela	19/03/1987	TABACMAN, Eduardo Daniel
03/05/1978	BOJANICH, Graciela Teodolina	16/08/1988	BERRONE, Lucio Renato
14/07/1978	ALBERTO, Malva Analía	28/03/1989	RODRIGUEZ, Georgina Beatriz
18/12/1978	VALERDI, Clara Margarita	27/07/1989	MARTINEZ, Germán Rubén
05/03/1979	ORDOÑEZ, Adolfo Ramón	06/07/1989	DI MARCO, Silvia Cristina
13/05/1979	RODRIGUEZ SOLANO, Carlos Alberto	29/12/1989	MENDEZ, Osvaldo David
04/07/1979	CISNEROS, Eduardo Edmundo	10/10/1990	MATASSA, Alicia Graciela
13/07/1979	MERITANO, Carlos Alberto	12/10/1990	VALENZUELA, María Alejandra
04/12/1979	CARBAJO, Ricardo Santiago	12/10/1990	NATALE, María Fernanda
18/12/1979	CAPALBO, Silvia Graciela	12/10/1990	BRACCIALARGH, Dirce
18/12/1979	FONGI, Eduardo Danilo	12/10/1990	BRIOZZO, Adriana Clotilde

12/10/1990	CO, Patricia Alejandra	05/03/2007	GONZALEZ, Graciela Verónica
12/10/1990	POMATA, Daniela Noemí	07/03/2007	ARONNA, María Soledad
28/12/1990	FABRO, Cecilia Noemí	09/03/2007	DEL BARCO, Viviana Jorgelina
21/02/1991	PAGANO, María Magdalena	09/03/2007	SALVA, Natalia Nieves
22/02/1991	LATORRE, María de Luján	09/03/2007	VITTONI, Francisco
03/08/1992	MANCINELLI, Elina Mafalda	12/12/2007	DELLA VECCHIA, Eugenio Martin
17/12/1972	REYERO, Gabriela Fernanda	20/12/2007	TOLOMEI, Paola Beatriz
04/03/1993	ROMITI, María Rosa	26/03/2008	CARDOSO, Isolda Eugenia
05/03/1993	SAGRETTI, Rosana Delia	26/02/2009	CARUSO, Nahuel Domingo
04/08/1993	SANTILLAN MARCUS, Eduardo Adrián	04/03/2009	ALVAREZ, María Evangelina
05/08/1993	CRISTIA, Maximiliano	04/03/2009	TORRES, Pablo Daniel
05/08/1993	INTROCASO, Beatriz	06/03/2009	FEKETE, Pablo Gabriel
02/12/1993	VAIERETTI, Virginia	02/10/2009	SUBILS, Mauro
11/03/1994	LOTITO, Pablo Andrés	05/03/2010	CERETANI, Andrea Noemí
11/03/1994	RODRIGUEZ HERTZ, María Alejandra	23/03/2010	PHILIPP, Eduardo Andrés
05/07/1994	EMMANUELE, Daniela Beatriz	23/03/2010	WALPEN, Jorgelina
20/11/1995	DIEULEFAIT, Luis Victor	22/03/2011	ROSCANI, Sabrina Dina
14/02/1997	ESCALANTE, Mariana Silvana	31/03/2011	PONZELLINI MARINELLI, Luciano
14/02/1997	LEONI, Valeria Alejandra	06/12/2011	ZARATE, Melina
14/02/1997	PONCE DE LEON, Hector Raúl	23/03/2012	GIANATTI, Justina
14/05/1997	OLGUIN, Mariela Carina	28/03/2012	SBERGAMO, Gerardo Enrique
08/08/1997	KATZ, Ricardo David	12/04/2012	VANSTEENKISTE, Vanesa Noelia
11/02/1998	FREYTES SOLARI, Hector Carlos	04/05/2012	DEL LONGO, Claudio
23/04/1998	LOMBARDI, Ariel Luis	21/12/2012	TALARN, Luciana María Eugenia
07/05/1998	NAIBO, Virginia María	13/02/2013	PIZARRO, Dana María
21/12/1998	FLAMINI, Jorge Alberto	01/03/2013	PIZZI, Noelia Belén
04/03/1999	HINRICHSEN, Érica Gretel	03/04/2013	LOPEZ, Pujato María Inés
17/03/1999	SUAREZ ALVAREZ, Mariano	22/08/2013	GUTIERREZ, María Soledad
21/12/1999	VITAL, María Beatriz	13/09/2013	ALVARADO, María Eugenia
15/09/2000	NIKLISON, José Pablo	25/03/2014	BOLLATI, Julieta
29/09/2000	DOBSON, María Patricia	15/08/2014	MELEGATTI, Gisala Milca
05/07/2002	FONGI, Guillermina	06/11/2014	LUCARINI, Yanina Paola
01/08/2002	CONDE, Cristian Marcelo	06/03/2015	RODRIGUEZ CASTRO, Nicolás Agustín
20/12/2002	MILANESIO, Laura	12/03/2015	GOOS, Demian Nahuel
23/12/2002	MURO, Luis Santiago	08/05/2015	GOOS, Isabel Astrid
19/02/2003	KOCSARD, Alejandro	18/09/2015	UGARTE, María Elisa
15/12/2004	ALESANDRONI, Guillermo Carlos	04/12/2015	VIDAL, Fernando Martin
10/03/2005	PARENTE, Lisandro Armando	16/03/2016	BARRIOS, Mélni
29/11/2005	CIRELLI, Mariela Beatriz	17/03/2016	FERRARI, Alberto José
30/03/2006	ZORZI, Alejandra Francisca	19/08/2016	ALET, Ana Laura
03/08/2006	BORDINO, Natalia Cristina	21/12/2016	LEEGSTRA, Sofía
04/08/2006	GRIN, Elisa Lilian	28/07/2017	VANSTEENKISTE, Natalí

RECUERDO DE UNA ESTUDIANTE DE LICENCIATURA EN MATEMÁTICA. PLAN 1973

Por Dra. María del Carmen Varaldo

El día llegó, mi primera clase en la facultad. Muchos alumnos recorrían los pasillos y aulas; era el año 1973 cuando retornaba la democracia y había ingreso irrestricto a las carreras de la Universidad Nacional de Rosario.

Había decidido estudiar la Licenciatura en Matemática, carrera relativamente nueva (se dictó por primera vez en el año 1967).

Caras nuevas, profesores desconocidos. El plan de estudios de la carrera se había actualizado dando lugar al llamado Plan 73.

En el primer cuatrimestre de primer año teníamos cuatro materias (Análisis I, Álgebra, Geometría y Física A) cuyo dicta-

do era compartido con los alumnos de las Ingenierías y los de Licenciatura en Física. También cursamos juntos Análisis I y Física B (en el segundo cuatrimestre) y Análisis II y Física Superior (en segundo año).

Fue una experiencia muy interesante esta convivencia. Los exámenes finales solían tomarse en el Salón de Actos por la gran cantidad de alumnos que se presentaban. La distribución de las aulas era diferente con respecto a la que existe en la actualidad. Hoy, algunas aulas ya no están más y otras han dado paso, por ejemplo, a Laboratorios de Informática u oficinas para docentes.

A medida que avanzaba en la carrera, las asignaturas fueron más específicas: Complementos de Álgebra, Complementos de Geometría, Complementos de Análisis, Análisis III (temas sobre análisis complejo), Análisis IV (temas sobre ecuaciones diferenciales), Topología, Teoría de la Integración, Álgebra Superior, Geometría Superior, Análisis Superior I y II. Aparecieron otros compañeros, ya todos éramos de la licenciatura. Se formaron grupos de estudio y de amigos. Pero también tuve como compañeros a ingenieros o agrimensores que gustaban de la Matemática y habían decidido completar la Licenciatura en Matemática (¡algunos incluso habían sido mis profesores!).

El plan de estudios duraba 4 años. En ese entonces, además de las materias obligatorias, se debían elegir tres optativas con las cuales se completaba la formación de licenciado. No había que realizar un trabajo final. En mi caso cursé Programación Dinámica, Análisis Numérico en Espacios Funcionales e Introducción a la Teoría de Control Óptimo.

Finalmente terminé mi carrera al aprobar mi última materia con el Dr. Roberto González a fines de 1976; pero nunca dejé esta facultad, ha sido como mi segundo hogar.

Entre los docentes que me condujeron por el camino de la Matemática en esos primeros años recuerdo a Carlos Meritano, Carlos Suardi, Eduardo Cisneros, Roberto Rivarola, Enrique Gaspar, Enrique Cattaneo, Miguel Ferrero, Pedro Jorge Aranda, Armando Gordon Cabral, Renato Scarparo, Edmundo Rofman, Rafael Verdes, Sergis Bruno, Roberto González, Roger Mascó. También me ayudaron en esa etapa Raúl Katz, Marta Bonacina, Carlos Rodríguez Solano, María Inés González, Eduardo Fongí, Domingo Tarzia, Graciela Garguichevich, Marina Fernández de Luco.

Al cumplirse 50 años de la creación de la Licenciatura en Matemática, éste es mi humilde homenaje a algunos de los docentes que transitaron por el Departamento de Matemática y colaboraron en la formación matemática de muchos licenciados. ¡Feliz aniversario!

RECUERDOS DE DOS ESTUDIANTES DE LA LICENCIATURA EN MATEMÁTICA. PLAN 1989

Por Dra. Mariana Escalante y Dra. Valeria Leoni

La matemática es algo fácil cuando te gusta, cuando te divierte el juego y el desafío que produce la creación.

En 1990 estábamos muy lejos de soñar ser científicas, lo de ser licenciadas parecía algo difícil pero que podía llegar a ser factible de concretarse en algún momento. Se mezclaba también la pasión por enseñar.

En ese verano de comienzos de los '90 había muchos paros docentes, el cursillo de ingreso suponía empezar a ponerse en contacto con la Universidad. Tuvimos la fortuna de encontrarnos con aquellos que iríamos codo a codo a lo largo de toda la carrera. 'Susuki' Montelar y Angélica Arnulfo a cargo de esas clases eran dos máquinas de impartir conocimientos nuevos. El aula 30, enorme, era parte del escenario de un mundo desconocido en el que no sabíamos bien si podíamos acomodarnos.

Empezamos así a recorrer el Plan '89, nuevito, recién a estrenar, de la Licenciatura en Matemática con orientación Aplicada. En primer año fuimos descubriendo docentes que además de conocimientos, nos transmitieron su pasión por enseñar la Matemática. Las asignaturas: *Introducción a la Matemática*, con lo fantástico de aprender a demostrar junto a Elisa Petrone, y así de a poco empezar a crear nuestras propias demostraciones; *Álgebra y Geometría analítica* de la mano firme de Carlos Meritano llenando pizarrones con cientos de matrices $n \times m$ (con n y m grandes) y borrando antes que lleguemos a terminar de copiar en nuestros apuntes; *Análisis Matemático I*, con todas las equivalentes definiciones de límite explicadas minuciosamente por Pedro Marangunic. Y el primer acercamiento a programar en la asignatura *Computación* guiados por María del Carmen Varaldo y el lenguaje Pascal, acá (espacio del 2^{do} piso donde en ese entonces funcionaba el laboratorio de informática), en el mismo lugar donde hoy seguimos apostando a la Matemática cada día.

¡Primer año terminado... todo un desafío! Pero ese desafío, que de vez en cuando mostraba algún que otro tropiezo, se hacía más fácil cuando se combinaba con tardes de mates o tererés, viajes a las reuniones de la UMA y torneos de truco en la facu con varios de los compañeros de los años superiores, compañeros que hoy comparten el día a día y siguen apostando también a la Matemática con las mismas ganas de aquellos días.

Las cosas se pusieron muy difíciles promediando tercer año, éramos muy pocos alumnos y se sentía la falta de tiempo, el cansancio y el a veces “no doy más”. Habíamos optado por la rama “aplicada” de la Matemática porque queríamos hacer matemática “que sirva”. Esto nos hizo entender que debíamos amigarnos con la termodinámica, con el electromagnetismo, y más tarde con la Investigación Operativa. Pero, por otro lado, más adelante la oferta de materias optativas fue casi nula y no nos quedó otra que “optar” por cursar como “optativa”, una de las materias de la orientación pura. Otra de las optativas tuvo que ser una materia de posgrado.

En fin, no fue una carrera fácil la que decidimos recorrer, tampoco creo que nos hubiera gustado que lo fuera. El motor que la impulsaba a seguir su curso era el ansia de saber un poco más. Y en ese contexto empezamos a hacer nuestras propias “investigaciones” en el marco de un trabajo final, junto con Héctor (el Negro) Ponce de León, gracias a Mabel Tidbal y a Alain Jean Marie que nos acercaron a la teoría de colas... en particular a una tan larga que llegó hasta el INRIA en Francia, culminando con un hermoso primer paper que fuera publicado en una revista internacional con nuestros nombres. ¡Y estuvimos felices!

Hoy, gracias a este ejercicio de mirar hacia atrás veinte y tantos años, vemos que los recuerdos más fuertes están en las personas que estaban ahí, haciendo el camino más ameno, recuerdos que hoy unen a nuestras familias y hacen que hayamos pasado de cuatro amigos estudiando juntos, a una mesa larga y ruidosa con 17 personas que se siguen eligiendo.

En este punto de vista hacia atrás vemos también docentes que se hicieron nuestros amigos, con los cuales ahora ya todos de la misma edad (por decisión de ellos, claro!) disfrutamos de las anécdotas que nos juntaron a compartir la diaria del trabajo, los viajes académicos, los almuerzos, formar parte de una comisión académica, armar un PIP, PID o PICT para volver a viajar, y contribuir así a la formación de nuevos recursos humanos en el área.

Estas líneas pretenden simplemente ser un agradecimiento al plan '89 de la Licenciatura en Matemática con orientación Aplicada que nos juntó.

50 AÑOS NO ES NADA

Por Dra. Gabriela Argiroffo y Dra. Gabriela Reyero

Y si... parece mentira que ya llegamos a los 50 años de la Licenciatura en Matemática, si hace tan poco celebramos los 40.

Como las dos últimas Directoras de la Licenciatura en Matemática consideramos que es un buen momento para que, contemplando lo realizado y reflexionando hacia el futuro, destaquemos con orgullo y satisfacción los logros de la carrera en los años que transcurrieron desde aquel festejo hace 10 años.

En marzo de 2007 se recibieron los primeros estudiantes de la carrera que ingresaron con el último plan de estudios (actualmente en revisión). Desde entonces tenemos 42 nuevos Licenciados en Matemática de los cuales 15 ya han egresado del Doctorado en Matemática de nuestra Facultad mientras que 12 se encuentran realizando este Doctorado.

Ese crecimiento no es casualidad ya que estos 10 años también han sido de gran actividad para la planta docente del Departamento de Matemática de la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales. Estamos hablando de las 70 personas que diariamente se ocupan de dictar la totalidad de las materias de grado en la Licenciatura en Matemática y las de posgrado del Doctorado en Matemática, y de muchas de las materias del área Matemática de las restantes carreras de nuestra Facultad.

Estas 70 personas también son responsables de investigar, dirigir Tesinas de Licenciatura en Matemática y Tesis de Doctorado en Matemática, dirigir becarios de grado, dirigir becarios de doctorado, dirigir o formar parte de proyectos de investigación y de extensión, etc. es decir, de convertir a la Licenciatura en Matemática en un gran ser vivo y dinámico,

que crece y se transforma.

Como los números nos gustan, queremos mostrar algunos de los logros de estos últimos 10 años:

- Se publicaron más de 300 trabajos en revistas internacionales.
- Se presentaron más de 500 trabajos de investigación en Congresos nacionales e internacionales.
- Se desarrollaron con éxito numerosos proyectos de investigación:
 - Más de 40 Proyectos PID-UNR, actualmente 17 en ejecución.
 - 3 Proyectos de extensión UNR.
 - 5 Proyectos de Cooperación Internacional: dos Ecos - Sud (Argentina - Francia), un MathAm Sud (Argentina - Ecuador - Francia), un Proyecto de Cooperación CONICET/CONyCIT (Argentina - Chile), Redes Internacionales y un Mincyt - Mhest (Argentina - Eslovenia).
 - 5 Proyectos PICT financiados por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica.
 - 6 Proyectos PIP financiados por CONICET.
- Se dirigieron 15 Tesis de Doctorado en Matemática (ya finalizadas) y hay otras 12 en curso.

En particular, solo mirando algunos de los títulos de los PID-UNR (Juegos dinámicos, sensibilidad al riesgo y gestión de recursos naturales, Optimización y control, teoría y aplicaciones, Estructuras geométricas en variedades diferenciales, Problemas de empaquetamiento y cubrimiento en grafos, Poliedros asociados a problemas de programación lineal entera y mixta, Optimización combinatoria, teoría y algoritmos, Cálculo variacional y control óptimo fraccionario, Problemas de equilibrio multiagente, optimización y aplicaciones) vemos la gran variedad de líneas y temas que se desarrollan.

Esto nos produce un doble placer. Por un lado, los alumnos de Licenciatura en Matemática se encuentran con una variada oferta de líneas de trabajo para realizar sus Tesinas de Licenciatura y con docentes idóneos para la dirección de estas Tesinas. Por otro lado, el Doctorado en Matemática, que es el hermano más joven de la Licenciatura y ha sido acreditado A en 2014 se nutre de esta riqueza, y tanto las Tesis de Doctorado (que muestran la misma diversidad de temas) como la totalidad de las materias del mismo, son responsabilidad de docentes de nuestro Departamento de Matemática.

Estas razones, nos indican claramente que la Licenciatura en Matemática alcanzó un desarrollo como quizás nunca imaginaron los pioneros que la iniciaron. Vemos que se ha producido un extraordinario crecimiento institucional y un cambio significativo de las perspectivas pedagógicas y científicas que hoy siguen en discusión, y hacemos votos por el progreso de nuestra carrera, festejando con alegría y satisfacción sus 50 años, porque vendrán muchos más.

RECORRIENDO LA HISTORIA DE LA LICENCIATURA EN FÍSICA¹

Por Lic. Carlos Galles y Dr. Roberto Rivarola

LA CREACIÓN DE LA LICENCIATURA EN FÍSICA

En el año 1960 se inició un nuevo plan de estudios para las carreras de ingeniería. En algunas de las especialidades el estudio de la Física comprendía cinco cursos cuatrimestrales, siendo la base bibliográfica principal el bien conocido texto de Sears y Zemansky, aunque poco a poco se fueron introduciendo textos más modernos. El último curso estaba dedicado a la Física Moderna a cargo del Ing. Bâncora. En esta materia se introducía al alumno a las experiencias y teorías básicas; por ejemplo se resolvía la ecuación de Schrödinger para el átomo de hidrógeno, se planteaba con esmero el problema del cuerpo negro y el efecto fotoeléctrico, se entraba también con detalle en los temas básicos de la radioactividad. El nivel teórico era aproximadamente el de la conocida obra de Arthur Beiser. La parte experimental era llevada a cabo con mucho esmero por el Agr. Francisco Abella.

El nuevo plan llevaba consigo la formación de departamentos en la Facultad en las diferentes disciplinas, siendo el director del Departamento de Física el Ing. Cortés Plá, quien veía sin dudas cumplidas parte de sus ideas de tantos años atrás en el sentido de dar a los estudiantes de ingeniería una sólida base de conocimientos en Física. Sobre esta base una sucesión de acontecimientos habrían de darse a mediados de la década en forma tal que en la facultad comenzasen los estudios superiores en Física.

En la creación de la Licenciatura en Física de Rosario tuvo un papel primordial el Dr. Mario Alberto Castagnino. Comenzó su formación en la Facultad de Ciencias Matemáticas en 1953; graduándose de Ingeniero Civil en 1960. Luego obtuvo el título de Doctor en Ciencias Matemáticas en la Universidad de Roma en 1965. Posteriormente alcanzaría el Doctorado de Estado en Ciencias Físicas en 1974 por la Universidad de París VI, dirigido por André Lichnerowicz. Entre 1956 y 1961 fue Jefe de Trabajos Prácticos en la cátedra de Mecánica Racional, dirigida por Beppo Levi en el Departamento de Matemática. En el Departamento de Física, en 1965, sólo ocupaba, a su retorno de Italia, un cargo de Auxiliar de Docencia.

Una idea firme en la mente de Castagnino era la de cambiar el Departamento de Física desde uno dedicado en forma primordial a la enseñanza de la Física elemental a otro donde la investigación tuviese cabida. La dirección del Departamento habría de quedar vacante en 1965 cuando el Ing. Cortés Plá accede al cargo de Rector de la Universidad Nacional del Litoral.

Fue entonces cuando se produjo lo que fue denominado despectivamente “la rebelión de los enanos” por parte de quienes estaban en el bando opositor. Un grupo de jóvenes docentes del Departamento se unieron para impulsar la candidatura de Castagnino como Director. Rol fundamental para el éxito de esta postulación lo tuvo el Agrimensor Danilo Gómez, también auxiliar docente del Departamento, quien logró la adhesión de los representantes estudiantiles en el Consejo Directivo de la Facultad, los cuales se mostraban en un primer momento un tanto remisos a apoyar con sus votos un cambio que a todas luces podía ser calificado de “cientificista”. El cometido se logró entonces prestamente y, en el otoño de 1965, mientras durase la ausencia de su titular, vale decir el Ing. Plá, el puesto de Director pasó a ser cubierto por el Dr. Castagnino, quien lo mantendría hasta 1970 (Resolución 1965).

Un paso que a la distancia podría ser considerado como menor, pero que en realidad tiene una gran importancia, fue la renovación de la enseñanza en una materia clave en los cursos básicos como es Electricidad y Magnetismo. Dictada por Castagnino en 1965, por primera vez fueron incluidas las ecuaciones de Maxwell en forma diferencial y un tratamiento vectorial de los campos a lo largo de toda la asignatura. En 1966 Castagnino comenzó a dictar un curso de Teoría Electromagnética basado en el conocido texto de Reitz - Milford; la materia figuraba en los programas de estudio como obligatoria para los estudiantes de Ingeniería Electricista. Cabe consignar que Castagnino además había cursado en Italia estos temas con Enrico Pérsico. Actuaba como auxiliar Reinaldo Welti, estudiante de la Licenciatura en Física en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales en Buenos Aires, quien se mostraba muy ducho en la problemática de la teoría electromagnética. Welti alcanzaría más tarde su doctorado en Física en la UBA, en el año 1976, trabajando sobre teoría de plasmas.

En 1965 es contratado como docente del Departamento el Licenciado Oscar Zandrón, graduado del Instituto Balseiro,

dedicado a la Física de Partículas, quien dictó un curso de Mecánica Clásica, sobre la base del texto de Goldstein, una verdadera novedad en Rosario. Zandrón venía de una estadía en Torino, donde había llevado a cabo investigaciones en el renombrado grupo de Física Teórica dirigido por Sergio Fubini. Presentó pocos años después su tesis doctoral en Bariloche en 1968 sobre álgebra de corrientes, con la dirección de Carlos Bollini. Por entonces era el único graduado en Física entre los docentes integrantes del Departamento.

Vale decir que en poco tiempo se había comenzado a conformar un conjunto de estudios disciplinarios en Física alcanzándose un nivel que mejoraba con creces el de enseñanza anterior.

Desde el punto de vista de la observación de los procedimientos institucionales en un período donde se ejercía la democracia universitaria, con representantes de los profesores y de los estudiantes en el Consejo Directivo, es muy importante señalar que el 4 de Abril de 1966 ese órgano resolvió considerar la creación de la Licenciatura en Física y del Doctorado en Física y encargar al señor Decano la designación de una comisión especial para organizarla y elaborar los planes de estudio correspondientes (Resolución 1966). El 8 de Junio se conformaba la Comisión especial de referencia con el Ing. Mario Castagnino por los profesores, el Ing. Lorenzo Copello por los graduados y el señor Daniel Libonati por los estudiantes (Resolución 1966a). Ambas resoluciones llevan la firma del Arq. Mario A. Segovia Mayer quien ocupaba el cargo de Decano supliendo al Ing. León Garibay.

Poco tiempo antes, tras substanciarse los respectivos concursos, con un jurado en el que eran miembros Juan José Giambiaggi y Carlos Bollini, fueron designados el 27 de Mayo de 1966 los siguientes profesores: Ing. Mario Eduardo Guido Bâncora, Dr. Mario Alberto Guillermo José Castagnino e Ing. Ricardo Zucca, los tres como profesores titulares (dedicación mínima), Lic. Oscar Sergio Zandrón como Profesor Adjunto (dedicación media), Ing. Jorge Luis Forteza e Ing. Horacio Helman, ambos como profesores adjuntos de dedicación mínima (Resolución 1966b).

En un principio se planeaba la nueva carrera científica, en una facultad dedicada a la enseñanza de la ingeniería de buen nivel, basándose en especialistas que viajasen a impartir sus lecciones desde Buenos Aires. Es muy posible que una serie de conferencias de alto nivel de divulgación dadas en 1965 por profesores porteños, entre ellos Jorge Starico y Enrique Galloni, hayan estado relacionadas con esta intención.

Pero el destino echaría los dados en otra dirección por una serie de hechos un tanto casuales. En una visita al Centro Atómico Bariloche, el Jefe de Trabajos Prácticos Danilo Gómez es recibido por el Dr. Enrique Gaviola, quien al ver su dedicación y conocimientos en el configurado de espejos le propuso pasar algunos meses en Bariloche, trabajando en asuntos ligados a la Física experimental. Esa estadía del Agr. Gómez coadyuvó a una visita posterior del Dr. Castagnino al lejano pago sureño, formalmente para dictar un curso de Relatividad General, el cual fue impartido en el segundo semestre de 1966. Allí se trazaron las conversaciones preliminares con profesionales de la Física susceptibles de aceptar trasladarse en forma permanente a Rosario.

Poco antes, el 28 de Junio de 1966, se había producido el golpe de estado denominado Revolución Argentina, a la cabeza del cual estaba el general Onganía, convencido de que empezaba un régimen dictatorial de extensión indefinida en el tiempo. No cabe duda que los acontecimientos políticos aceleraron la creación de la licenciatura; por una parte el mundo académico del país se vio muy agitado por la intromisión militar en las universidades, por otra parte las nuevas autoridades interventoras necesitaban exhibir logros y la creación de nuevas carreras, en especial científicas, brindaba rápidos réditos políticos.

El nuevo delegado interventor, el Arq. César Benetti Aprosio continuó con la idea de crear una Licenciatura en Física. Castagnino no sólo había contactado en Bariloche a varios graduados, sino que también conversado con algunos de quienes habían renunciado en Exactas de Buenos Aires, entre ellos con Juan José Giambiaggi.

Finalmente la Licenciatura en Física fue creada por resolución de Rectorado del 5 de Enero de 1967, siendo el Dr. Walter Mulhall su primer director. El Dr. Mulhall, quien venía de Bariloche, había recibido su doctorado por la Universidad Nacional de Cuyo en 1964 con una tesis sobre Física Nuclear, en la cual fue su director Daniel Bes. También había pasado previamente una estadía de algo más de dos años en el prestigioso instituto de Copenhague dirigido por Niels Bohr.

El 5 de Febrero de 1967 Mulhall enviaba a Decanato el plan de estudios de la Licenciatura, incluyendo un sistema de correlatividades con los cursos previos que el estudiante pudiese tener en las carreras de ingeniería. Tras algunas idas y vueltas por los vericuetos administrativos de la Facultad, el plan definitivo de la Licenciatura en Física quedó establecido el 30 de Noviembre de 1967, concentrando la carrera en cuatro densos años, más un trabajo de tesina (Resolución 1967).

En 1967 comenzaron las clases con una verdadera renovación de la enseñanza. La vieja manera de enseñar, con poca

¹ Las notas expuestas en este texto son reproducción de las aparecidas en el libro “La Física y los físicos argentinos. Historias para el presente”, editado por la Universidad Nacional de Córdoba y la Asociación Física Argentina; Editor Diego Hurtado ISBN 978-950-33-0984-1, 2012.

valorización de la resolución de problemas, se vio substituida por una Física fundada sólidamente en principios, los cuales no eran meramente enunciados sino que a ellos se hacía permanente referencia al enfrentarse con las dificultades propias de la resolución de problemas. Viejas rémoras de larga permanencia fueron definitivamente extirpadas, aunque a veces su retorno resulte inevitable. Por ejemplo, la inmovible creencia que sostiene que la ley de inercia puede ser deducida de la segunda ley de la dinámica, lo que ha dejado estupefactos, no sólo en Rosario cabe agregar, a centenares de alumnos al toparse con esas limitaciones lógicas en el ilustre Isaac Newton².

Entre los primeros profesores de la Licenciatura en Física se contaban varios que habían venido actuando como tales en las carreras de Ingeniería: Mario Castagnino, Horacio Helman, Ricardo Zucca, Pablo Bignon, Mario Bíncora, Danilo Gómez, entre otros. A ellos se sumaban Oscar Zandrón, como ya se ha dicho en Rosario desde 1965, Jorge Luis Forteza y Aníbal Caride. Por otra parte desde el Centro Atómico Bariloche habían venido Walter Mulhall, Roberto Liotta, Rubén Piacentini, Alberto Rabatt, Eduardo Pasquini, este último después de una corta estadía en la CNEA. Poco tiempo después se agregaría al cuerpo de docentes el Ing. Rafael Méndez, de larga y destacada trayectoria anterior en la Facultad de Ingeniería Química de Santa Fe, quien reemplazaría en 1970 a Castagnino como director del Departamento de Física. También se contó con la participación por cortas etapas de especialistas de la Comisión Nacional de Energía Atómica.

En 1968 ya se tienen los primeros graduados con el título de Licenciado en Física³. Esto se explica porque un grupo de cerca de una decena de estudiantes, la mayoría rosarinos y antiguos estudiantes de ingeniería en la Facultad de Ciencias Matemáticas, se habían incorporado a la nueva carrera provenientes del Instituto Balseiro, donde cursaban sus estudios.

LOS COMIENZOS DE LAS INVESTIGACIONES EN FÍSICA

Tras la creación de la licenciatura en 1967 las líneas de investigación que se desarrollaban podían contarse con los dedos de una mano. Por un lado Mario Castagnino continuaba con sus investigaciones en Relatividad General, mientras Oscar Zandrón hacía lo propio encaminado a completar su mencionado doctorado en 1968. En temas relacionados con la Física Nuclear, bajo la dirección de Walter Mulhall, trabajaban los licenciados Roberto Liotta, Eduardo Pasquini, Rubén Piacentini, y Alberto Rabatt. En 1972 Rubén Piacentini obtuvo su Doctorado de Estado en la Universidad de París VI, con la dirección de Ronald McCarroll, en la especialidad de colisiones atómicas. En mayo de 1974 Roberto Liotta alcanzaba también su doctorado, sobre física nuclear, en la Universidad Nacional de Cuyo, con la dirección de Ricardo Broglia.

En 1970 se integró al Departamento de Física el Dr. Juan Alberto Mignaco, quien se había doctorado en la Universidad Nacional de Cuyo en 1966. Había trabajado en Exactas de Buenos Aires en el grupo de Giambiaggi y Bollini, quien fue su director de tesis. Luego, había realizado una estadía de varios años como postdoctorado en el CERN, Suiza. Su tema de investigación era principalmente la electrodinámica cuántica. Por otra parte siendo Jefe de Trabajos Prácticos en Exactas en Buenos Aires había presentado su renuncia en 1966, tras las agresiones sufridas por los profesores universitarios.

El Dr. Ricardo Zucca era miembro del Departamento desde tiempo atrás. Graduado de Ingeniero Civil, había terminado posteriormente sus estudios de Licenciado en Física en Exactas de Buenos Aires, para luego alcanzar en 1971 el doctorado en la Universidad de California, Berkeley, bajo la dirección de Y. Shen.

En 1972 se incorporó al cuerpo docente, ocupando un cargo de Profesor Titular, el Dr. Carlos Roberto Garibotti, doctorado en Física por la UBA en 1963 en la especialidad de partículas elementales, siendo su director Juan José Giambiaggi. Trabajó en Rosario sobre dispersión de partículas atómicas, colaborando también con sus colegas rosarinos en la construcción del primer colector solar realizado en el país, instalado entonces en los techos de la Facultad. Tuvo una muy activa participación en la organización de la Biblioteca del Departamento de Física

También a principios de esa década se añadió al cuerpo docente el Dr. Oscar Corbella, doctorado en el Instituto Balseiro en 1969, quien trabajó en nuestra ciudad en temas relativos a la energía solar y a dispersión de partículas.

Desde sus inicios la licenciatura contó con un laboratorio de metalurgia. El Lic. Alberto Vázquez, graduado de Bariloche, inició las investigaciones en el tema de fractura. Horacio Helman por su parte trabajaba en estudios de plasticidad.

Poco tiempo después dos estudiantes, Alberto Armas y Alberto Sagüés, hicieron sus tesinas sobre fricción interna. El laboratorio tuvo siempre una fuerte interacción con la Comisión Nacional de Energía Atómica, en especial el Dr. Francisco Povolo estuvo presente en las etapas iniciales y subsiguientes. El equipamiento principal del laboratorio lo constituían dos piezas claves: un péndulo automático de fricción interna y un equipo de crecimiento de monocristales, los cuales fueron construidos en Rosario con mano de obra de la Facultad.

El Departamento de física también adquirió a principio de la década de 1970 un equipo de resonancia paramagnética electrónica, el cual costó en moneda de la época una considerable cantidad de dinero. Lamentablemente el aparato nunca pudo ser cabalmente empleado en investigaciones con continuidad.

En octubre de 1972 se instaló en un edificio preparado especialmente, en el predio de la Universidad conocido como La Siberia, un Reactor Nuclear donado por la República Federal de Alemania. En la nomenclatura de la Comisión Nacional de Energía Atómica es denominado el RA-4. Se trata de un reactor marca Siemens de sólo 100 mW de potencia nominal, aunque puede extenderse a 1 W. Como Director del Reactor fue nombrado el Ing. Oscar Sadvovsky y como Jefe del Reactor el Ing. Jorge Hisano. El pequeño reactor ha venido usándose desde entonces en docencia, servicios técnicos e investigación.

Hacia 1973 Jorge Feugeas comenzó a trabajar en la observación de zonas activas de la cromosfera solar utilizando un filtro de Lloyd. El laboratorio estaba ubicado en una institución producto de la solidaridad entre vecinos, la Biblioteca Popular Constancio C. Vigil, la cual contaba con una cúpula provista de buenos telescopios. La investigación tenía el respaldo del Observatorio de San Miguel. Tanto este observatorio como la biblioteca fueron desmantelados luego del golpe militar de 1976.

Una manera de cuantificar el trabajo científico de una comunidad consiste en medir la producción de artículos publicados. Es común agregar parámetros que midan la repercusión de los mismos. Esta metodología deja de lado, o no refleja con exactitud, otras características del trabajo científico como es la formación de nuevos profesionales, el espíritu o la pasión que hayan motivado las investigaciones y el posible establecimiento de una verdadera escuela científica local. Con esta salvedad se aplicará a continuación sobre la base de algunos informes que se detallarán.

Una publicación oficial de la Universidad Nacional de Rosario de 1974 describe las investigaciones que se llevan a cabo en la universidad. (Plan 1974). Este texto no menciona los nombres de los investigadores. En lo que se refiere a Física, presenta las líneas de investigación que se indican a continuación.

- Evaluación y tratamiento de aceros.
- Estudio de Sustancias Magnéticas por medio de un equipo de Resonancia Paramagnética Electrónica.
- Utilización del Reactor RA-4 (SUR 100) en trabajos experimentales de "potencia cero" para el estudio del comportamiento dinámico.
- En Física Nuclear se desarrollaban técnicas de cálculo en el dominio de la espectroscopía nuclear con el fin de comprender el comportamiento de los núcleos atómicos.
- En Física Teórica son mencionados los siguientes temas: Problema inverso. Aproximantes de Padé en colisiones atómicas. Fracciones continuas aplicadas a la ecuación de Schrödinger. Colisiones atómicas en agua pesada y en helio doblemente ionizado. Colisiones con iones. Cuantificación de campos bosónicos.
- En Energía Solar se estudiaban diferentes sistemas receptores, diseñándose colectores solares y calentadores y destiladores de agua.

En Diciembre de 1975 se llevó a cabo en Rosario la 62ª Reunión de la Asociación Física Argentina. En el libro de resúmenes figuran once comunicaciones presentadas por miembros del cuerpo docente del Departamento de Física. Estos trabajos trataban sobre temas de física nuclear, teoría de campos, colisiones atómicas, energía solar y plasmas (Libro de Resúmenes 1975). En la asamblea de socios de la AFA, realizada en el Club Bancario, a orillas del Paraná, se eligió como Presidente de la asociación al Dr. Juan A. Mignaco y como Secretario al Dr. Oscar Corbella.

Al cabo de algo más de diez años se había logrado conformar una tradición de esmerada dedicación al estudio en los alumnos de la Licenciatura en Física. Por otra parte los graduados hacían efectivamente contribuciones interesantes a su disciplina y se lograba publicar artículos en las revistas internacionales. Se contaba entonces con nueve doctores en física entre los docentes del Departamento. El futuro parecía ser promisorio.

Sin embargo la situación del país estaba marcada por una gran inestabilidad política y los sucesos del año 1976, el golpe de estado militar del 24 de Marzo y sus nefastas consecuencias, dejarían una marca de dolor en la joven institución dedicada a la Física.

En la mañana del día 10 de Junio de 1976 los docentes que iban llegando a la Facultad mudaban sus rostros cuando

² Muy posiblemente el erróneo convencimiento se diseminó a partir de la obra de Francis Sears y Mark Zemansky, "Física General", Aguilar, Madrid (1955); véase Pág. 72.

³ Los primeros diez graduados, por orden de extensión de sus diplomas, fueron los siguientes: R. Topolevsky, A. Sagüés, A. Armas, P. Ripa Alsina, C. Galles, R. Weder, R. Gaspar, J. Santana Quevedo, G. Kaufmann y R. Migoni. Tomados del Libro de Registro de Graduados, Sección Alumnado, FCEIA.

eran informados de una noticia terrible. Durante la noche, los servicios que cometían sus atropellos en toda la ciudad habían secuestrado de su hogar a Eduardo Pasquini y a su esposa Liliana Mizraji.

Pasquini había presentado su tesis de doctorado en Física Nuclear poco tiempo atrás en la Universidad de Estrasburgo dirigido por Andrés Zuker (Pasquini 1977, 1979). Tenía a su cargo una cátedra ya célebre, donde se enseñaba a los estudiantes de todas las carreras los elementos de la mecánica newtoniana. Sus clases eran de meridiana claridad y las reuniones de cátedra no eran simples distribuciones de tareas entre los docentes sino que se remarcaban por el cruce de ideas, algunas veces bastante más que animado, donde todo tipo de opiniones estaba permitido. Eduardo y Liliana fueron separados en medio de la noche de sus dos hijas, quienes quedaron solas en el departamento en que vivían⁴.

Dos días antes, también por la noche, Julia Huarque había sido secuestrada en el departamento en el cual vivía con su madre, quien presenció el accionar de los raptos. Julia se había graduado de Licenciada en Física unos meses atrás con una tesina teórica sobre física atómica. Entonces había sido blanco de numerosas bromas de sus compañeros por la atildada vestimenta que utilizaba para la ocasión. Julia era una persona muy apreciada por sus valores éticos y por la dedicada contracción al trabajo, tanto como incipiente investigadora como en su labor de auxiliar de docencia.

El anfiteatro del Departamento de Física lleva desde la restauración de la democracia el nombre de Eduardo Pasquini y el principal laboratorio de docencia el de Julia Huarque. En el hall de entrada a la Facultad una placa recuerda los nombres de 28 víctimas del terror de estado, entre los cuales se cuentan docentes y estudiantes de la Facultad, uno de ellos fue Hugo Mattion, estudiante de la Licenciatura en Física, secuestrado en Buenos Aires el 6 de Mayo del aquel ominoso año 1976.

Los familiares y amigos de los desaparecidos debieron enfrentarse a la kafkiana realidad que Ernesto Sábato describió en 1984 en el prólogo del libro "Nunca más":

"Arrebatados por la fuerza, dejaron de tener presencia civil. ¿Quiénes exactamente los habían secuestrado? ¿Por qué? ¿Dónde estaban? No se tenía respuesta precisa a estos interrogantes: las autoridades no habían oído hablar de ellos, las cárceles no los tenían en sus celdas, la justicia los desconocía y los habeas corpus sólo tenían por contestación el silencio. En torno de ellos crecía un ominoso silencio. Nunca un secuestrador arrestado, jamás un lugar de detención clandestino individualizado, nunca la noticia de una sanción a los culpables de los delitos. Así transcurrían días, semanas, meses, años de incertidumbres y dolor de padres, madres e hijos, todos pendientes de rumores, debatiéndose entre desesperadas expectativas, de gestiones innumerables e inútiles, de ruegos a influyentes, a oficiales de alguna fuerza armada que alguien les recomendaba, a obispos y capellanes, a comisarios. La respuesta era siempre negativa." (Nunca Más)

Una etapa oscura había comenzado para el país y para la universidad argentina. Pocos meses después varios de los docentes del Departamento se encontraban trabajando fuera de Rosario. Otros numerosos docentes, y aún todo el personal administrativo, pasaban a integrar las listas de cesanteados. Muchos de ellos fueron también visitados por los integrantes de los servicios que arbitraban la tenue línea entre la vida y la muerte.

Mientras tanto en Rosario la incertidumbre y el temor eran el pan de cada día para los que continuaban en el segundo piso de Pellegrini 250 tratando de avanzar en sus estudios en Física. En una mezcla de alegría por verse las caras al comenzar cada día y de una cierta cuota de ironía se contaban los unos a los otros todas las mañanas.

Para aquellos argentinos que comprendían la gravedad de los atentados contra la dignidad humana, que eran cometidos por parte de quienes decían estar al servicio de ideales supremos, lo más difícil de soportar era la sensación de vergüenza al comprender hasta que punto puede llegar la bestialidad de los hombres, y que los que cometen tanta maldad son congéneres⁵.

La reparación del daño infringido a los estudios y a las investigaciones en Física en Rosario llevó un prolongado tiempo. Fue posible por la firmeza de los que restaban en el Departamento y por la afluencia de nuevos y capaces estudiantes. Pero la recuperación fue lenta.

Hacia 1980 en el Departamento de Física se hacían investigaciones en los siguientes temas:

- Aplicaciones de la Energía Solar. Director: Rubén Piacentini, con 13 colaboradores.
- Colisiones Atómicas. Director: Rubén Piacentini, con 3 colaboradores.

⁴ Véase el sitio de Internet donde Gabriela Pasquini, hija de Eduardo y Liliana, graduada en Física y Profesora en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA), recuerda a sus padres en ocasión del homenaje a Eduardo Pasquini, llevado a cabo el 15 de Abril de 2010, en la Casa argentina de la Ciudad Universitaria Internacional de París. http://www.casaargentinaenparis.org/images/ eventos/discurso_gabriela_pasquini.pdf

⁵ Los autores adaptan estas ideas del filósofo francés Gilles Deleuze quien las presenta en la entrevista en video denominada Abécédaire. Pudo verse recientemente en el canal Encuentro de la televisión estatal o en forma permanente en Youtube.

- Estudio de las propiedades mecánicas y físicas de metales y aleaciones de estructura hexagonal compacta. Director: Alberto F Armas, con 4 colaboradores.
- Formulación de la teoría de campos en el espacio-tiempo curvo. Director: Oscar Zandrón, con 7 colaboradores.
- Procesado químico superficial por plasmas de radio frecuencias. Director: Jorge N. Feugeas, con 4 colaboradores.
- Generación de haces de electrones e iones con un equipo plasma focus. Director Jorge N. Feugeas, con 5 colaboradores.

Todos estos grupos presentaron ese año una veintena de publicaciones en reuniones locales y en revistas internacionales (Guía de Investigaciones 1981).

Graduados en Física de la FCEIA ya realizaban sus contribuciones en otras facultades de la Universidad Nacional de Rosario, especialmente en la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas. Existe además en la FCEIA un Departamento de Física en la Escuela de Formación Básica, dedicado fundamentalmente a la educación básica de los estudiantes de ingeniería. En este departamento se hacen investigaciones en enseñanza de la Física, tema en el cual colaboró desde un primer momento el Dr. Walter Mulhall.

Numerosos graduados en física en Rosario brindan por otra parte su importante aporte en instituciones distribuidas por todo el país, en universidades, en la Comisión Nacional de Energía Atómica y en la industria. Otros han proseguido sus carreras en el extranjero, llevando a diversos países los conocimientos esenciales adquiridos en el transcurso de su formación en el viejo edificio de Pellegrini 250.

Es de esperar que estas páginas hayan logrado dar una idea sobre el largo transcurso que medió desde la fundación de la Facultad de Ciencias Matemáticas, hace nueve décadas, hasta lograr establecer una sólida escuela de Física con una tradición en la investigación. Se puede afirmar que el trabajo solidario de una labor colectiva permanente ha dado sus frutos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los siguientes profesores que fueron entrevistados: A.F. Armas, M. A. Castagnino, J. Feugeas, G. Fichsfeld, D. Gómez, R. Liotta, W. Mulhall, R. Migoni, R. Piacentini, J. Riera y O. S. Zandrón. Hacen lo propio también con aquellos colegas que generosamente brindaron sus ideas en conversaciones informales. Los errores, omisiones y faltas de comprensión histórica que se encuentren en el texto son por supuesto responsabilidad exclusiva de los autores.

REFERENCIAS

(Guía 1981) Guía de Investigaciones, Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería, Universidad Nacional de Rosario (1981). Publicación interna de la Facultad.

(Libro de Resúmenes 1975) Libro de Resúmenes de la 62ª Reunión de la Asociación Física Argentina. Rosario, 9, 10 y 11 de Diciembre de 1975.

(Nunca Más) Nunca más. Informe de la Comisión Nacional sobre la Desaparición de Personas, EUDEBA, numerosas ediciones.

(Pasquini 1977, 1979) Resultados de estas investigaciones están contenidos en el siguiente artículo: E. Pasquini, A. P. Zuker - Physics of Medium light nuclei, Editrice Compositrice, Bologna (1977). Véase también, A. Poves, E. Pasquini, A. P. Zuker, Quasiconfigurations: An Approach To Effective Forces, PHYSICS LETTERS, Volume 82B, number 3, 4, Pag. 319 (1979).

(Plan 1974) Plan de Desarrollo Regional, Universidad Nacional de Rosario, 1974. 176 páginas.

(Resolución 1965) Resolución N° 631/65 del Consejo Directivo, 17 de mayo de 1965.

(Resolución 1966) Resolución N° 791/66 del Consejo Directivo, del 4 de abril de 1966.

(Resolución 1966a) Resolución N° 3140/66 del Consejo Directivo, del 8 de junio de 1966.

(Resolución 1966b) Resolución N° 149.659 del Consejo Superior, del 27 de mayo de 1966.

(Resolución 1967) Resolución N° 4206/67 del Consejo Directivo.

EGRESADOS DE LA LICENCIATURA EN FÍSICA (ECEN-UNR) 1968 - 2017

29/08/1968	ARMAS, Alberto
01/10/1968	TOPOLEVSKY, Raúl B.
02/10/1968	SAGÜES, Alberto A.
30/12/1968	RIPA ALSINA, Pedro
22/07/1969	GALLES, Carlos D.
19/03/1970	WEDER, Ricardo A.
30/03/1970	GASPAR, Roberto
21/07/1970	SANTANA QUEVEDO, José
17/09/1970	KAUFMANN, Guillermo
03/11/1970	GONZALEZ, Conrado
17/02/1971	MIGONI, Ricardo L.
22/04/1971	POCHETTINO, Alberto
13/07/1971	BERDICHEVSKY, Daniel
26/06/1972	CORTES, Carlos M.
03/01/1974	TINIVELLA, Ricardo
29/10/1974	LUISETTI, Jorge A.
28/12/1974	POL, María Elena
26/02/1975	MIRAGLIA, Jorge E.
25/04/1975	TOME, Carlos N.
15/06/1975	SCHVEZOV, Carlos E.
30/09/1975	GUTIERREZ, Marina
13/11/1975	LEVI, Daniel
12/12/1975	BALART, Silvia N.
20/02/1976	FEUGEAS, Jorge N.
24/02/1976	LAURA, Roberto D.
12/03/1976	D'AMICO, Hilda M.
19/03/1976	HUARQUE, Julia N.
19/04/1976	RIVAROLA, Roberto
19/05/1976	SAGGESE, María E.
23/09/1976	HADDAD ANDALAF, Roberto
19/11/1976	VALESI, Jorge Aldo
20/12/1976	RIERA, José A.
20/12/1976	CONCARI, Sonia B.
20/12/1976	FOUSSATS, Adriana T.
20/12/1976	CATALAN, Lidia C.
20/12/1976	SAGARZAZU, Ricardo
14/03/1977	FERNANDEZ, Luis C.
03/05/1977	DELANNOY, Marcela M.
30/05/1977	ALGRAIN, Roberto
08/06/1977	PEREZ, Ramón A.
21/12/1977	LARA, Miguel Ángel
21/12/1977	CASAUBON, Juan I.
21/12/1977	TARZIA, Domingo A.
14/04/1978	VON PAMEL, Oscar
28/04/1978	ABECASIS, Carlos L.
28/04/1978	MOLINAS, Bernardo
28/04/1978	FISCHFELD, Gerardo
19/05/1978	MENONI, Carmen S.
19/05/1978	ROCCA, Jorge J.G.
09/06/1978	COCCOZ, Horacio R.
12/06/1978	LARA, Luis Pedro
22/06/1978	BERNADAS, María C.
12/10/1978	LOPEZ, María Julia
27/10/1978	CARNEIRO, Graciela
14/12/1978	CACCIOPPOLI, José M.
28/12/1978	MASSA, Marta B.

28/12/1978	SANCHEZ, Patricia M.
28/02/1979	SILBERSTEIN, Rodolfo
28/05/1979	LUQUE, Ernesto A.
24/07/1979	CECCATTO, Alejandro
26/09/1979	CORTES, Alberto J.
05/11/1979	GENNARO, Ana María
05/11/1979	KOROPECKI, Roberto
20/12/1979	VISCONTI, Pablo R.
27/12/1979	RUBIOLO, Gerardo
06/03/1980	PEREYRA, Lisandro J.
31/03/1980	MAIDAGAN, José Ma.
31/03/1980	GIACOMINI, Héctor
26/05/1980	ALBANESI, Eduardo
13/06/1980	ESTERKIN, Carlos R.
15/08/1980	ELIÇABE URRIOLO, Juan
30/03/1981	SANTA CRUZ, Alejandra
27/04/1981	MASRAMON, Eduardo
29/06/1981	RUBINELLI, Francisco
07/07/1981	LOPERGOLO, Ana María
07/07/1981	ALBERTALI, Susana
04/12/1981	BANCORA, Alicia B.
08/03/1981	BOLMARO, Raúl E.
19/03/1982	MILICIC, Beatriz E.
19/03/1982	RAMIREZ, César A.
31/03/1982	LAPETINA, Liliana
30/03/1983	MACHADO, Mauro
08/04/1983	DE SANCTIS, Oscar
19/03/1984	BETTIN, Oscar Raúl
21/03/1984	FERNANDEZ, Patricia
21/03/1984	GASTON, Analía G.
28/03/1984	LLONCH, Elena C.
28/03/1984	DECO, Gustavo R.
22/08/1984	ISACSON, Saúl A.
09/04/1985	DOBRY, Ariel Oscar
01/06/1985	FAINSTEIN, Pablo D.
07/08/1985	TURNER, Pablo A.
15/08/1985	BACCI, Silvia B.
16/12/1985	MARINO, Beatriz M.
19/02/1986	STEREN, Carlos A.
24/03/1986	IVANCICH, Anabella
26/03/1986	BERTINETTI, María
29/04/1986	STOICO, César Omar
30/04/1986	STEREN, Laura B.
09/06/1986	JONES, Elsa M.G.
24/06/1986	FRATTINI, Agustín
20/08/1986	NAVONE, Hugo D.
15/09/1986	ECHEVERRIA, María
29/12/1986	MALACHEVSKY, María
06/07/1987	BERENSTEIN, Hugo F.
31/08/1987	BOTTERI, Gerardo B.
04/09/1987	MANAVELLA, Edmundo
27/10/1987	NEIRA, Luis P
28/10/1987	GRECO, Andrés F.
30/03/1988	MARTINEZ, Alejandra
28/06/1988	MALARRIA, Jorge A.
22/08/1988	GOMEZ, Liliana M.

09/09/1988	ARDERIUS, Jorge
17/11/1988	STACHIOTTI, Marcelo
31/03/1989	LEBENSCHN, Ricardo
31/03/1989	PELLEGGRI, Nora S.
31/03/1989	ABALONE, Rita M.
31/03/1989	FOJON, Omar A.
27/04/1989	REYNOSO, Estela M.
09/06/1989	ULANOVSKY, Mario
26/10/1989	LEWIS, Juan Pedro
17/11/1989	LAMBRI, Osvaldo
19/12/1989	MARTINO, Débora M.
22/12/1989	MARTINEZ, Germán R.
29/12/1989	RIQUELME, Bibiana
14/03/1990	BUGACOV, Alejandro
14/03/1990	CORCHS, Silvia
22/03/1990	SANCHEZ, Guillermo
27/03/1990	REPETTO, Carlos E.
27/03/1990	ZANDRON, Oscar P
18/04/1990	ROATTA, Analía
28/05/1990	ZELADA, Griselda I.
04/06/1990	CASTELLINI, Horacio
13/06/1990	KOVAL, Sergio F.
26/09/1990	PEYRONEL, María F.
01/11/1990	MANSILLA, Graciela
01/11/1990	SANSOGNE, Rosana A.
27/02/1991	OLIVERA, Gustavo
22/03/1991	BOLCATTO, Pablo G.
27/03/1991	BRÜHL, Sonia P
27/03/1991	GRIGIONI, Gabriela
27/03/1991	GAZZA, Claudio J.
27/03/1991	TRUMPER, Adolfo E.
02/09/1991	CALVO, Rafael A.
04/10/1991	BERTOLUZZO, María
04/12/1991	COLOMBO, Gloria P
13/12/1991	MOREIRA, Osvaldo
20/12/1991	GARCIA, Evelina
26/03/1992	PASSEGGI, MARIO
26/03/1992	VAQUILA, Isidoro
31/03/1992	CARUSO, Ricardo
31/03/1992	BENAVIDEZ, Edgardo
08/05/1992	SEPLIARSKY, Marcelo
29/03/1993	BUSNENGO, H. Fabio
31/03/1993	CIVETTA, Guillermo
06/08/1993	DALOSTO, Sergio D.
03/12/1993	PARODI, Miguel
28/12/1993	KESSLER, Cecilia
23/03/1994	MANUEL, Luis Oscar
30/03/1994	FIRPO, Aldo Carlos
12/08/1994	FEIGUIN, Adrián E.
30/08/1994	MAZZONE, Adrián E.
21/10/1994	GANDOLFO, Fabio H.
23/12/1994	PUCCINI, Gabriel
29/12/1994	PODESTA, Claudia A.
14/03/1995	MASCO, Gabriel O.
15/03/1995	SIGNORELLI, Javier
16/03/1995	LOMASCOLO, José L.
11/05/1995	CARLEVARO, Carlos
09/09/1995	GOMEZ, Bernardo
20/09/1995	FOURTY, Andrea
20/11/1995	BARRIOS, Luis

28/12/1995	SALVATICO, Pablo
30/04/1996	AVALOS, Martina C.
07/05/1996	IBACETA, David
31/05/1996	MOSCATO, Ma. Gabriela
26/09/1996	RENZI, Danilo G.
25/10/1996	SANTORO, Fernando
28/10/1996	ID BETAN, Rodolfo
31/10/1996	MARINELLI, Pablo A.
16/12/1996	DI LORETO, Ariel
07/03/1997	VERDES, Pablo
07/03/1997	TORIO, Ma. Eugenia
14/03/1997	LOPEZ, Alfredo C.
21/03/1997	HANSEL, Patricia M.
13/06/1997	MICHELETTI, Ma. Isabel
05/07/1997	GALASSI, Mariel E.
17/12/1997	AGUILERA, Débora
19/12/1997	HEREÑU, Silvina
29/12/1997	GRANITTO, Pablo M.
22/05/1998	DE LEON, Pablo F.J.
14/08/1998	MORON ALCAIN, Andrea
30/09/1998	DOMINGUEZ, Fabián A.
24/11/1998	TORRALBA, María
21/12/1998	VERGARA, Luciana I.
29/12/1998	SCANCICH, Miriam M.
26/03/1999	GONZALEZ, Diego A.
05/07/1999	STIA, CARLOS
10/09/1999	AFFRANCHINO, Amalia
25/02/2000	SANCHEZ, Fernando A.
22/05/2000	ABUFAGER, Paula
12/12/2000	NACHEZ, Juan Lucas
30/10/2001	ANSALDI, Juan C.
04/03/2002	MONTON, Carlos M.
25/03/2002	REBOLA, Alejandro
25/03/2002	SZELIGA, Ma. Inés
14/06/2002	MARINELLI, Ma. Cecilia
10/10/2002	LIBORIO, Leandro M.
19/12/2002	CROVETTO, Carolina
03/04/2003	LOSADA, Edith L.
27/06/2003	MACHADO, Rodrigo
19/12/2003	RUBIO, Olga S.M.
03/03/2004	BEJAS, Matías H.
26/03/2004	HAMAD, Ignacio
30/07/2004	RICO, Luis
02/09/2004	ADDAD, Ricardo R.
13/05/2005	TACHINO, Carmen A.
06/06/2005	SOBRERO, Cesar
29/08/2005	SANTIAGO, Ma. Luz
17/03/2006	COSTAMAGNA, Sebastián
26/03/2007	NOVARA, Iván Lionel
28/03/2007	ISOLA, Lucio
30/03/2007	MASTROGIUSEPPE, Diego
30/03/2007	SEVILLA, Diego
18/04/2007	BAROLIN, Sebastián
09/05/2007	BALBI, Marcela
19/03/2008	PAGURA, Valeria
27/03/2008	PERREN, Gabriel
31/03/2008	BATISTA, Ma. Natalia
31/03/2008	LOZANO, Ariel
31/03/2008	TURLIONE, Anabela
06/03/2009	TENDELA, Lucas P

19/03/2009	BURGI, Juan Manuel
20/03/2009	MEZIO, Alejandro
25/03/2009	BUZON, GUILLERMO
26/03/2009	GIORDANA, María
26/03/2009	CARUGATI, Guillermo
26/03/2009	SPOSETTI, Cintia
30/03/2009	LA ROCA, Paulo Matías
30/03/2009	RAVIOLA, Lisandro
31/03/2009	RAMOS ACEVEDO, Maximiliano
31/03/2009	AITA, Hugo Alberto
15/04/2009	GRONDONA, Ma. Isabel
24/08/2009	STRUBBIA, Renata
09/10/2009	DE SANCTIS, Ma. Laura
28/12/2009	GRAF, Mónica
30/03/2010	BRAVO, Bárbara
30/03/2010	DE VINCENTIS, Natalia
31/03/2010	LOPEZ, Maia
21/06/2011	BOLL, Diego Iván
23/10/2012	COMISSO, Antonella
25/03/2013	GHIOLDI, Esteban
25/03/2014	PESCE, Agustina
27/03/2014	MENCHON, Rodrigo
30/03/2014	FREYRE, Martín
18/03/2015	GONZALEZ, Matías
20/03/2015	TESSARO, Verónica
20/03/2015	LISANDRINI, Franco
25/03/2015	LUNA, Santiago
25/03/2015	IMHOFF, Lucía
26/03/2015	BLESIO, Germán
27/03/2015	TORRESI, Federico
30/03/2015	SEMINARA, Giulia
30/03/2015	PELUDHERO, Iván
29/06/2015	TODERI, Martín
31/08/2015	SOLER, Santiago
28/09/2015	ALBERTENGO, Gustavo
26/02/2016	GILES, Julián
26/02/2016	CORONATO, Tanea
11/03/2016	PORTA, Estanislao
29/03/2016	LAVADO, Cristián
30/03/2016	MATINI, Lara
27/03/2017	LONDERO, Carolina
29/03/2017	DI RINO, Franco
30/03/2017	MELONE, Mauro
30/03/2017	FARIAS, Francisco
31/03/2017	MALVASIO, Bruno

V JORNADA DE EXPERIENCIAS INNOVADORAS EN EDUCACIÓN EN LA FCEIA EIEF 2017

COMITÉ ORGANIZADOR

COORDINACIÓN

Dra. Marta Yanitelli
Dra. Miriam Scancich

COLABORADORES

Dra. Sonia Concari
Dra. Susana Marchisio
Ing. Alicia Diez Rodriguez

Dra. Marta Massa
Lic. Ana Lopérgolo
Sr. Carlos Pérez Bayout

COMITÉ DE REFERATO

COORDINACIÓN

Dra. Miriam Scancich

EVALUADORES

Dra. Gloria Alzugaray
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FRSF

Dra. Laura Buteler
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

Dr. Néstor Camino
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PATAGONIA

Dr. Pablo Carranza
UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO NEGRO

Dra. Consuelo Escudero
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN

Mg. Juan Farina
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FRR

Dra. Lydia Galagovsky
UNIVERSIDAD NACIONAL DE BUENOS AIRES

Mg. Silvia Giorgi
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL

MSc. Nélide Palma
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN

Dra. María Cecilia Pocoví
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA

Dra. Adriana Rocha
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DE LA PCIA DE BS AS

Dra. Mabel Rodríguez
UNIVERSIDAD NACIONAL GENERAL SARMIENTO

Mg. Cristina Wainmaier
UNIVERSIDAD NACIONAL DE QUILMES

PRESENTACIÓN

Nos es grato presentar a la comunidad de docentes e investigadores una nueva publicación de Trabajos Completos correspondiente a la V Jornada de Experiencias Innovadoras en Educación en la FCEIA, EIEF 2017, que se realizó en nuestra Facultad. Estas Jornadas que se presentan como una alternativa de intercambio y socialización de experiencias didáctico-pedagógicas se han ido consolidando en los últimos años debido al protagonismo de los docentes, actores decisivos de los procesos de cambio e innovación educativa.

Las contribuciones que se presentan sobre Experiencias Innovadoras en Educación responden a una necesidad de diferenciación estratégica. La diferenciación es la meta y la innovación es el proceso para conseguirla. Los términos riesgo, confianza, colaboración, diferenciación, sostenibilidad, valor, calidad son parte indisoluble de la innovación.

Los trabajos que pertenecen a áreas curriculares diversas y recogen un amplio abanico de técnicas y métodos con numerosas referencias a las actuales tecnologías, impulsan el desarrollo de competencias relacionadas con la búsqueda y evaluación de la información, la solución de problemas y la toma de decisiones con base a un pensamiento sostenible, representando un reto para la labor docente y una oportunidad para la innovación.

Agradecemos a todos los autores su contribución como así también la buena disposición y el aporte de las autoridades, los docentes y no docentes que hicieron posible la realización de esta Jornada.

Secretaría de Desarrollo Institucional
FCEIA UNR

V JORNADA DE EXPERIENCIAS INNOVADORAS EN EDUCACIÓN EN LA FCEIA Programa de Actividades

HORA	Miércoles 04 de Octubre
	BIENVENIDA
10:00	CONFERENCIA ANALOGÍA DE UNA DIETA EN CREATIVIDAD Estrategias y acciones que promueven el pensamiento creativo DISERTANTE: Mg. Wilmar Muñoz
12:00	Intervalo - Colocación de Murales
12:30	Almuerzo
14:00	PRESENTACIONES MURALES / SESIÓN A
16:30	Pausa - Café
17:00	PRESENTACIONES MURALES / SESIÓN B
18:30	CIERRE JORNADA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA UNR	

PRESENTACIONES EN SESIONES MURALES - SESIÓN A

SESIÓN A1 - MODERADOR: ING. LEANDRO PALA			
14:00 a 15:30	A101	INTRODUCCION A LA INGENIERÍA ELÉCTRICA	Alonso Fernando; Sidotti Nestor
	A102	DISPOSITIVO FORMADOR DE FORMADORES: MOMENTOS CON FÍSICA 2.0	Antiba, Cristián
	A103	IMPLEMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL DE LA LICENCIATURA EN ESTADÍSTICA EN EL ÁREA DE SENSORES REMOTOS DE LA ESCUELA DE AGRIMENSURA	Balparda, Laura; Pagura, Alberto; Borra, Virginia; López, Diego
	A104	EL DODECAEDRO COMO METÁFORA EN EL ABORDAJE INTERDISCIPLINARIO DE LA PROBLEMÁTICA DE LA SALUD Y SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES	Bitti, Leonardo; Lerro, Agustín; Amado, Alejandro; Galli, Erica; Curetti, Paula; Del Rio, Paula
SESIÓN A2 - MODERADOR: PROF. ALBERTO JARDÓN			
14:00 a 15:30	A205	RECURSOS Y MATERIALES A DISPOSICIÓN DE UN PROFESOR EN MATEMÁTICA	Sgreccia, Natalia; Alegre, Hernán; Dominguez, Eliana; Landaluce, Natalia; Pípolo, Sofia
	A206	EXPLORANDO LAS PROPIEDADES DEL ELECTRÓN EN EL LABORATORIO DE GRADO	Cabrera, Lucía; Picó, Román
	A207	ANÁLISIS DINÁMICO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE INDUCCIÓN EMPLEANDO SOFTWARE INTERACTIVO	Cano, José Ángel
	A208	FORMACIÓN DE CONCEPTOS Y MODELIZACIÓN	Cassan, Rosana; Rosolio, Alejandra; Addad, Ricardo; Lonch, Elena
SESIÓN A3 - MODERADOR: ING. PAOLA BAGLIANI			
14:00 a 15:30	A309	UN TALLER DE ÁLGEBRA LINEAL PARA ALUMNOS EN CONDICIÓN INTERMEDIA. UNA EXPERIENCIA INNOVADORA	Cianciardo, Cintia; Katz, Raúl; Semitiel, José
	A310	USO DE SOFTWARE LIBRE PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO CARTOGRAFICO	Cornero, Cecilia; Pereira, Ayelen; Pacino, Ma. Cristina
	A311	CLASES TIPO TALLER EN UN AULA ALTAMENTE TECNIFICADA. APLICACIÓN AL ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS	Crespo, María; Pagani, Carla; Poliotti, Mauro; Zegna Rata, Federico; Nardi, Leonardo
	A312	REPRESENTACIONES SEMIÓTICAS EN ÁLGEBRA Y GEOMETRÍA UNIVERSITARIA	D'Agostini, Viviana; Sánchez, Patricia; Katz, Raúl
SESIÓN A4 - MODERADOR: DRA. PATRICIA FERNADEZ			
14:00 a 15:30	A413	COMPETENCIAS DE EGRESO DEL INGENIERO: CONTRIBUCIÓN DESDE QUÍMICA	Relling, Verónica; Rodríguez, Cristina; Santoro, Mabel; Huergo, Juliana; Imhoff, Lucía; Disetti, Ma Eugenia
	A414	SOCIALIZANDO LA MATEMÁTICA	Demti, Graciela
	A415	INCORPORACIÓN DE LA DIMENSIÓN HUMANA DENTRO DEL ÁMBITO DE LA FCEIA: ANÁLISIS DE UNA EXPERIENCIA EN DESARROLLO	Trumper, Adolfo; Porta, Estanislao; Navone Hugo
	A416	EL TEOREMA DE POYNTING Y EL PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA EN LA ENSEÑANZA DEL ELECTROMAGNETISMO	Fernández, Patricia; Tabares, Ignacio; Jardon, Alberto

PRESENTACIONES EN SESIONES MURALES - SESIÓN B

SESIÓN B1 - MODERADOR: DRA PATRICIA FERNANDEZ			
16:00 a 17:30	B117	DISTINTAS ESTRATEGIAS ENSEÑANZA-APRENDIZAJE Y SU REPERCUSIÓN EN LOS RESULTADOS GENERALES DE LAS MEDICIONES EXPERIMENTALES	Roldan, Gabriel; Benedetti, Valentín; Silva, Carlos; Scancich, Miriam; Yanitelli, Marta
	B118	UN TRAYECTO POSIBLE POR LA PEDAGOGÍA	Guerrero, Rafael; Nardoni, Florencia
	B119	REALIDAD AUMENTADA EN LA ENSEÑANZA DE CONCEPTOS DE ELECTROMAGNETISMO	Marcuzzi, Rodrigo; Tabares, Ignacio; Fernández, Patricia
	B120	ARTICULACIÓN DE ESTRATEGIAS EDUCATIVAS EN MECÁNICA CLÁSICA Y RELATIVIDAD	Menchón, Rodrigo; Manuel, Luis; Navone, Hugo
SESIÓN B2 - MODERADOR: DRA SUSANA MARCHISIO			
16:00 a 17:30	B221	ACERCA DE LA EFICACIA DE VISIR COMO RECURSO EN TEMAS DE ELECTRÓNICA CIRCUITAL EN ARGENTINA	Marchisio, Susana; Lerro, Federico; Merendino, Claudio; Plano, Miguel; Concari, Sonia; Arguedas, Carlos; García Zubía, Javier; Hernández Jayo; Alves, Unai Gustavo
	B222	INCORPORACIÓN EN LA PRÁCTICA DIDÁCTICA DE TÉCNICAS DE HARDWARE IN THE LOOP PARA VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DE SISTEMAS DIGITALES	Martínez, Roberto; Corti, Rosa; Pistarelli, Marcelo; Vecchio, Juan; Belmonte, Javier
	B223	PROTOTIPO ROBÓTICO PARA APLICACIONES DE CONTROL Y VISION POR COMPUTADORA	Masetti, Augusto; Terissi, Lucas; Gómez, Juan Carlos
	B224	ASIGNATURA DE DISEÑO ELECTRÓNICO BASADA EN COMPETENCIAS	Schiavon, María Isabel; Crepaldo, Daniel; Pacher, Federico; Martín, Raúl; Leon, Daniel; Ghorghor, Javier
SESIÓN B3 - MODERADOR: LIC. VERÓNICA RELING			
16:00 a 17:30	B325	TRABAJO DE CAMPO BASADO EN LA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN CUALITATIVA	Forlini, Natalia; Koch, Lucía; González, Milagros; Lovino, Ma Belén
	B326	EL SPINNER ENTRA AL LABORATORIO	Morales, Silvia; Sevilla, Diego
	B327	EXPERIENCIAS INTERDISCIPLINARIAS EN EL CICLO BÁSICO DE LAS INGENIERÍAS	Braccialarghe, Dirce; Có, Patricia; Del Sastre, Mónica; Introcaso, Beatriz; Matassa, Alicia; Piraino, Marisa; Rodríguez, Guillermo; Rosolio, Alejandra
	B328	INTRODUCCIÓN DEL RELATO AUTOBIOGRÁFICO EN LA CONSTRUCCIÓN CRÍTICA DE COMPETENCIAS DOCENTES	Navone, Hugo; Fourty, Andrea; Blesio, Germán; González, Matías; Menchón, Rodrigo
SESIÓN B4 - MODERADOR: ING. LEANDRO PALA			
16:00 a 17:30	B429	RECREACIÓN DEL EXPERIMENTO DE HERTZ PARA LA ENSEÑANZA DEL ELECTROMAGNETISMO EN LA EDUCACIÓN	Fantini, Juan; Tecco, Lucía; Fourty, Andrea; Navone, Hugo
	B430	LA FORMACIÓN EN INVESTIGACIÓN DE PROFESIONALES DE LA INGENIERÍA. ANALISIS DE UNA EXPERIENCIA FORMATIVA A DISTANCIA EN EL AREA METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	Del Rio, Paula; Ferrara, Silvina; Marchisio, Susana; Concari, Sonia
	B431	POTENCIAL DEL GEOGEBRA PARA HACER MATEMÁTICA. SU IMPORTANCIA EN LA FORMACIÓN DOCENTE	Sgreccia, Natalia; Brunini, Gladys; Chirino, Facundo; Donato, Valeria
	B432	GRÁFICAS CARTESIANAS EXPERIMENTALES Y MODELIZACIÓN	Yanitelli, Marta; Scancich, Miriam; Pala, Leandro

TRABAJOS COMPLETOS

Experiencias interdisciplinarias en el ciclo básico de las ingenierías

Potencial del *geogebra* para hacer matemática. Su importancia en la formación docente

Explorando las propiedades del electrón en el laboratorio de grado

Análisis dinámico de máquinas eléctricas de inducción empleando software interactivo

Formación de conceptos y modelización

Un taller de álgebra lineal para alumnos en condición intermedia. Una experiencia innovadora

Incorporación en la práctica didáctica de técnicas de *hardware-in-the-loop* para verificación y validación de sistemas digitales

Registros de representación semiótica en geometría lineal del espacio

Socializando la matemática

Recreación del experimento de hertz para la enseñanza del electromagnetismo en la educación secundaria

Prototipo robotico para aplicaciones de control y vision por computadora

Articulación de estrategias educativas en mecánica clásica y relatividad

El spinner entra al laboratorio

Introducción del relato autobiográfico en la construcción crítica de competencias docentes

Recursos y materiales a disposición de un profesor en matemática

La dimensión humana dentro del ámbito de la FCEIA: análisis de una experiencia en desarrollo

Gráficas cartesianas experimentales y modelización

EXPERIENCIAS INTERDISCIPLINARIAS EN EL CICLO BÁSICO DE LAS INGENIERÍAS

Braccialarghe, Dirce; C6, Patricia; del Sastre, M6nica; Introcaso, Beatriz; Matassa, Alicia; Piraino, Marisa. R6drguez, Guillermo; Rosolio, Alejandra

Facultad de Ciencias Exactas, Ingenieria y Agrimensura UNR

{dirce, co, delsas, beatriz, matassa, piraino, guille, rosolio}@fceia.unr.edu.ar

RESUMEN

En el marco de la teorfa socioepistemol6gica, sostenemos que la problemática que se observa en primer a6o de las carreras de Ingenierfa tiene que ver con la centraci6n de los procesos de ense6anza y aprendizaje en los objetos m6s que en las pr6cticas. Consideramos que el conocimiento se genera a partir de pr6cticas sociales en contexto, y en este sentido entendemos que la Matem6tica en las carreras de Ingenierfa debe adquirir significado a partir de la modelizaci6n y la resoluci6n de problemas ingenieriles. Apuntando a la resignificaci6n de los conceptos, trabajamos interrelacionando contenidos, promoviendo el aprendizaje colaborativo, la producci6n cooperativa, la reflexi6n y la discusi6n grupal de los distintos temas. En este trabajo presentamos algunas alternativas a la hora de encarar los procesos de ense6anza y aprendizaje, describiendo y mostrando proyectos realizados en diferentes situaciones y contextos. Asf, integrando los espacios curriculares de Introducci6n a la Ingenierfa Mec6nica, Introducci6n a la Ffsica, C6lculo I y 6lgebra y Geometrfa Analftica, propusimos el dise6o de una montafia rusa y el dise6o y construcci6n de una cocina solar y de una turbina e6lica. La propuesta pretende tener en cuenta habilidades y actitudes se6aladas como necesarias en la labor del ingeniero.

PALABRAS CLAVE

Ense6anza de la ingenierfa, Resoluci6n de problemas, Integraci6n curricular.

1. INTRODUCCI6N

Dentro de los argumentos existentes para la modificaci6n de los planes de estudio en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingenierfa y Agrimensura (FCEIA) de la Universidad Nacional de Rosario (UNR) se encontraban el alto ndice de deserci6n y el "fracaso" de los estudiantes en los primeros a6os. Con la intenci6n de atender a esta problemática, se modificaron la mayorfa de los programas de las asignaturas que conforman el 6rea de Matem6tica. En general, estas modificaciones se circunscribieron a un cambio de nombre de las asignaturas, predominando una reorganizaci6n de viejos contenidos. Comparados con los programas anteriores, s6lo en unos pocos se evidencia alguna variaci6n en relaci6n a la metodol6gica y a la evaluaci6n. ¿Puede considerarse esta reorganizaci6n una soluci6n para la problemática planteada?

Trabajando en el marco de la teorfa socioepistemol6gica, sostenemos que esta situaci6n es fruto de una exclusi6n que no tiene que ver con el orden ni con la cantidad de temas que se desarrollan en las asignaturas, sino con la centraci6n de los procesos de ense6anza y aprendizaje en los objetos m6s que en las pr6cticas. Consideramos que el conocimiento se genera a partir de pr6cticas sociales en contexto, y en este sentido entendemos que la Matem6tica en las carreras de Ingenierfa debe adquirir significado a partir de la modelizaci6n y resoluci6n de problemas ingenieriles. Esto hace que cotidianamente nos preocupemos por encontrar la forma de favorecer la resignificaci6n de los conceptos.

En este trabajo presentamos algunas alternativas a la hora de encarar los procesos de ense6anza y aprendizaje, describiendo y mostrando algunas actividades que se realizaron en diferentes situaciones y contextos.

2. CONSIDERACIONES TE6RICAS

En el marco de la Teorfa Socioepistemol6gica se afirma que el conocimiento se construye socialmente a partir de pr6cticas en contexto. A la hora de buscar fundamentos para la modificaci6n de los planes de estudio realizada, observamos que entre las propuestas de la UNESCO se encuentra la necesidad de modificar el modelo de educaci6n superior haciendo foco en el estudiante, ampliando el acceso y repensando el tipo de vnculo con la comunidad. Para ello se propone reformular los planes de estudio "y utilizar m6todos nuevos y adecuados que permitan superar el mero dominio cognitivo de las disciplinas", apuntando a la reflexi6n independiente, crftica y creativa y al trabajo en equipo en contextos multiculturales (en http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration_spa.htm, 1998).

La concepci6n de la Matem6tica que subyace tras nuestro sistema educativo, es aquella que la considera como un

sistema de verdades independientes de la actividad humana. Esta concepción forma parte de lo que entendemos por discurso matemático escolar (dME, Cantoral *et. al.*, 2006). Al considerar a la Matemática como preexistente a la actividad humana, este discurso deja a los actores del sistema educativo al margen de la construcción del conocimiento matemático. Como afirma Soto (2010), este discurso se convierte en un sistema de razón que excluye. Ya hemos manifestado en trabajos anteriores (Introcaso, B.; Braccialarghe, D.; C6, P., 2013) que el rediseño del discurso matemático escolar debe incluir una problematización, tanto de estudiantes como de docentes, de su lugar en el sistema educativo; una revisión, como plantea Rinesi (2012), de prácticas, de tradiciones, de representaciones, de prejuicios.

Sostenemos que un cambio metodológico propuesto a partir de un trabajo interdisciplinar y que incorpore prácticas de modelado (mediadas por TICs) en un aula extendida puede inducir un proceso de empoderamiento compartido que apunte a rediseñar el dME con miras a superar la exclusión. Nuestra labor docente se desarrolla en el ámbito de las carreras de Ingeniería y por lo tanto resulta natural pensar que la Matemática está íntimamente ligada al desarrollo de otras disciplinas inherentes a los intereses de los estudiantes. La frontera entre estas disciplinas es difusa, y se vuelve indispensable pensar en una reorganización del proceso educativo que ponga de manifiesto la relación entre las mismas, reflejando una concepción científica del mundo, que demuestre cómo los fenómenos no existen por separado, al interrelacionarlos por medio del contenido. Las prácticas de modelado, entendidas en sí mismas como construcción de conocimiento (Cordero Osorio, 2004), propician este enfoque interdisciplinario. Nos planteamos resaltar el carácter funcional del conocimiento, es decir la posibilidad de integrarlo a la vida para transformarla, para lo cual enfocamos la problemática hacia el uso del conocimiento matemático en situaciones concretas, para entender cómo se relacionan la función y la forma del conocimiento puesto en juego, en una secuencia en la que se crean y modifican marcos de referencia. Proponemos asimismo una evaluación continua que no represente una ruptura en los procesos de enseñanza y aprendizaje, y cuyos objetivos y criterios sean adecuados, consensuados y explícitos.

3. EXPERIENCIAS

Con este enfoque hemos venido realizando diversas experiencias a lo largo de los distintos ciclos lectivos y en los diferentes espacios curriculares en los que desempeñamos nuestra práctica. Así por ejemplo, trabajando en las distintas asignaturas del ciclo básico (Cálculo I, II, III y IV, Álgebra y Geometría Analítica, Introducción a la Física, Introducción a la Ingeniería Mecánica) concretamos distintas propuestas.

PROPUESTA	CONCEPTOS INVOLUCRADOS
Optimización en el diseño de envases	Derivadas y elementos de diseño
Cálculo del volumen de una pieza mecánica	integrales dobles
Cálculo del área de una superficie de una estructura real	integrales dobles y triples
Análisis de sonidos instrumentales	Series de Fourier
Diseño de una montaña rusa	Derivadas, secciones cónicas, energía y elementos de diseño
Diseño y construcción de una cocina solar	Nociones de óptica, secciones cónicas, área de una superficie y elementos de diseño
Diseño y construcción de una turbina eólica	Vectores, energía y elementos de diseño

En algunos casos las actividades se circunscribieron a una asignatura de Matemática (filas 1 a 4 de la tabla anterior). En otros, las propuestas fueron realizadas integrando los espacios curriculares (filas 5 a 7). Estas últimas surgieron en reuniones entre los equipos docentes donde acordamos planificar actividades que permitieran integrar las asignaturas del primer semestre. El planteo apuntó a desarrollar en los estudiantes habilidades en la resolución de problemas de la ingeniería, atendiendo a que, como dice Grech (2001), “la función más importante que desarrolla un ingeniero en su actividad profesional es diseñar; es la esencia de la ingeniería, su razón de ser. Las demás funciones se derivan de esta principal”.

Así, se convino en tomar el diseño y, en la medida de lo posible, la construcción como objetivo principal de nuestras propuestas. Pero, ¿cómo contribuir desde los distintos espacios curriculares a la realización de un diseño? Se decidió que tanto en las actividades realizadas en las clases de Matemática, de Introducción a la Física y de Introducción a la Ingeniería, como en las propuestas de trabajo interdisciplinario se colaboraría para ayudar a estimular habilidades y actitudes pro-

pias de la labor de un ingeniero. Por ejemplo, habilidades para trabajar en equipo, buscar y organizar información, expresar las ideas claramente. En cuanto a las actitudes pretendimos fomentar la responsabilidad, el respeto por la opinión de los demás, la coherencia y una actitud crítica y analítica frente a lo propuesto y realizado.

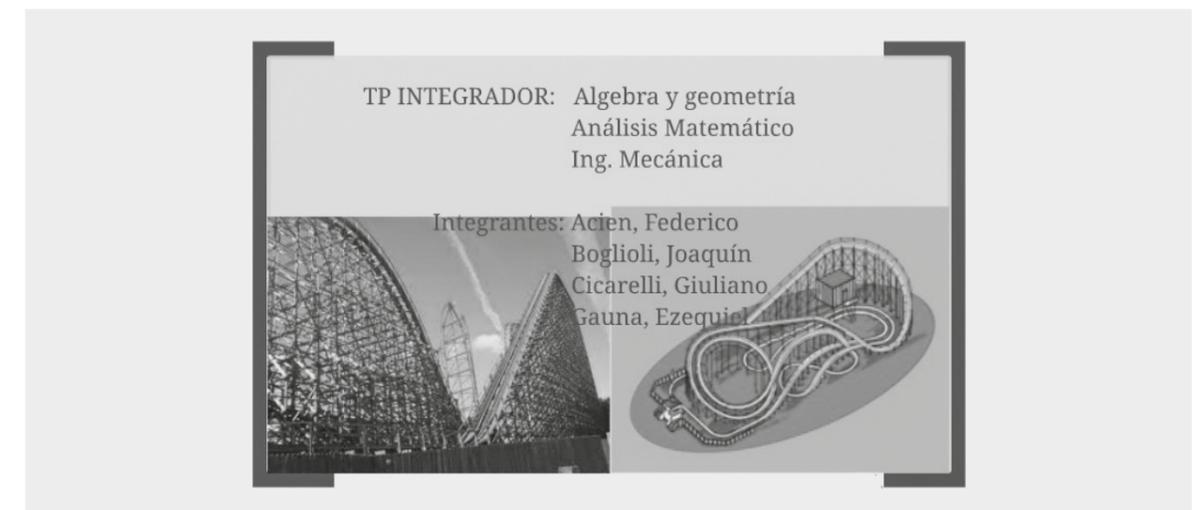
Al mismo tiempo se pretendió fomentar el compromiso con la comunidad, resaltando la importancia de involucrarse en acciones colectivas tendientes a producir beneficios para todos.

A continuación mostramos tres experiencias que tienen carácter integrador de asignaturas.

Diseño de una montaña rusa

Esta experiencia (Braccialarghe, Introcaso, Rodríguez, 2014) se llevó a cabo con un grupo de estudiantes del primer semestre de 2013 de la carrera Ingeniería Mecánica en las asignaturas: Introducción a la Ingeniería, Álgebra y Geometría I y Análisis Matemático I. En las tres asignaturas se planteó una modalidad de trabajo colaborativo tendiente a la modelización, la predicción, la graficación y la interpretación buscando significados situacionales de los conceptos.

Como actividad de cierre de la experiencia, aunque fuera de las instancias formales de evaluación de las asignaturas, se propuso a los estudiantes el diseño de una montaña rusa, utilizando los conceptos de energía potencial y energía cinética, empalmando al menos tres tramos de secciones cónicas, y el análisis a lo largo de todo el trayecto de las funciones posición, velocidad y aceleración. Los grupos presentaron informes escritos detallando los cálculos que justificaron los diferentes diseños, y algunos ampliaron la exposición de su trabajo con aspectos contextuales e históricos sobre las montañas rusas.



Diseño de una montaña rusa

Diseño, construcción y puesta en uso de cocina solar

Esta experiencia se llevó a cabo con estudiantes del primer semestre de 2016 de la carrera de Ingeniería Mecánica (CLADI, 2017). A partir de la reforma de planes de estudio, y los nuevos espacios curriculares correspondientes al primer semestre de la carrera fueron: Introducción a la Ingeniería Mecánica, Cálculo I, Álgebra y Geometría Analítica, e Introducción a la Física. Se trabajó en todos los espacios en la modalidad taller, incorporando trabajo colaborativo basado en las prácticas, para una resignificación progresiva de los conceptos.

A diferencia del caso de la montaña rusa, la propuesta –además de la realización del diseño– incorporó la construcción de una cocina solar, integrando principios de la óptica geométrica trabajados en Introducción a la Física y ampliando las explicaciones con conceptos de Cálculo I y Álgebra y Geometría Analítica.

La consigna fue cocinar un huevo con energía solar. Los estudiantes realizaron una búsqueda bibliográfica y temática del problema a través del análisis crítico de ejemplos ya resueltos. En encuentros periódicos se fue relevando el estado de avance de las propuestas de implementación, identificando problemáticas a resolver de cara a la finalización del trabajo y la redacción del informe. En la mayoría de los casos se observó que los grupos se basaron en modelos ya

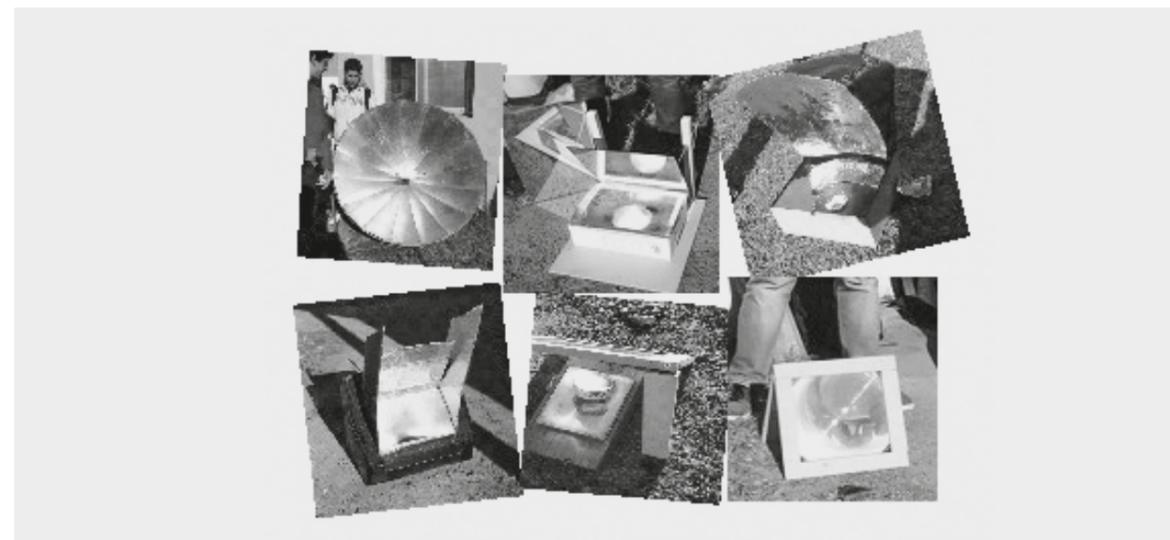
hechos de cocinas solares parabólicas como base sobre la cual calcularon las superficies mínimas necesarias para que la energía solar cocine el huevo, la posición del foco en el cual debían poner el soporte donde apoyar el huevo, el ángulo de inclinación para el mejor aprovechamiento de la radiación solar, y otros factores influyentes. Finalmente se realizó la presentación de los trabajos en una jornada abierta donde se pudieron compartir los saberes puestos en juego y ensayar el funcionamiento de las diversas cocinas para la cocción del huevo.



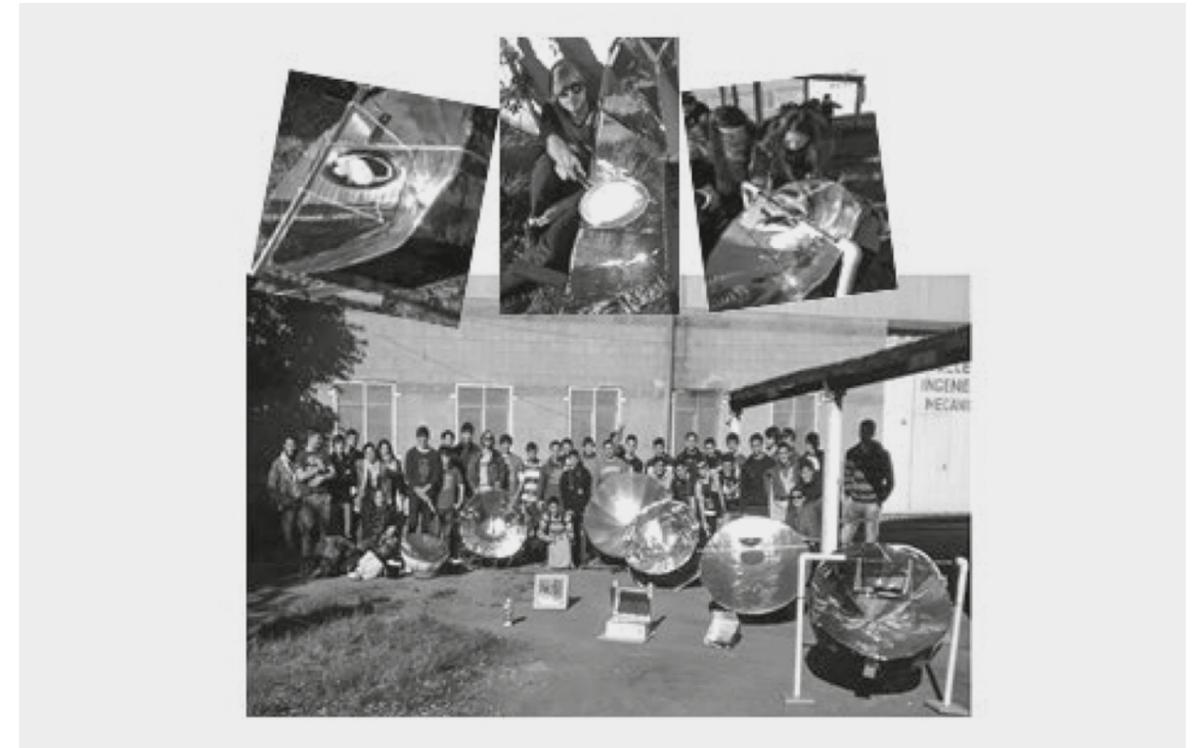
Investigaciones previas al diseño: análisis de distintas formas de espejos (ubicación del punto focal para una mejor cocción) y diferentes tipos de cocinas



Construcción de la cocina: diseño y fabricación



Exposición de las diferentes cocinas



Finalización del trabajo: cocción de un huevo y socialización

Diseño, construcción y puesta en uso de una turbina eólica

Nuevamente la experiencia se llevó a cabo con estudiantes del primer semestre de la carrera de Ingeniería Mecánica, esta vez ingresantes 2017, y los espacios curriculares involucrados fueron: Introducción a la Ingeniería Mecánica, Cálculo I, Álgebra y Geometría Analítica e Introducción a la Física.

Al igual que en el caso de la cocina solar, la propuesta fue de diseño y construcción. Esta vez se trató de una turbina eólica. El objetivo era cargar la batería de un teléfono celular a través de una conversión de energía mecánica a eléctrica. Los estudiantes investigaron acerca de la energía necesaria para la carga requerida y de las distintas posibilidades, ventajas y desventajas en el diseño y construcción de turbinas accionadas por energía eólica. Poniendo de manifiesto la necesidad de situar la problemática en contexto, tuvieron en cuenta las características de los vientos en la zona de Rosario. Así también –como en el caso de las cocinas solares– la investigación acerca de energías renovables y diseño sustentable permitió comprender la premisa actual de que la calidad ambiental es compatible con el desarrollo industrial. En ambos casos también se contempló la facilidad en la construcción: bajo costo y simpleza en la obtención de los materiales necesarios.



Exposición de turbinas y socialización

4. CONCLUSIONES

Las experiencias descritas forman parte de un camino hacia las modificaciones que creemos necesario realizar en el discurso matemático escolar imperante en nuestra institución. Para ello asumimos el compromiso de tratar de construir conocimiento incorporando el contexto, atendiendo a su realidad cotidiana y no repitiendo esquemas asentados por años en programas y currículas declaradas y/u ocultas.

Merece destacarse la asistencia casi perfecta de los estudiantes a las clases (no obligatorias), así como la realización y exposición de un trabajo final integrador. La metodología de trabajo utilizada les permitió mostrar un rol activo, participativo y comprometido con su aprendizaje; al decir de ellos: “se sintieron parte y eligieron espontáneamente ir a clase”.

Ante las actividades propuestas los estudiantes pudieron desarrollar un aprendizaje autónomo, trabajar en equipo utilizando todo tipo de herramientas tecnológicas y comprender la necesidad de un enfoque multidisciplinar a la hora de encarar la resolución de un problema. Reconocemos en estas experiencias una motivación para seguir profundizando en la perspectiva planteada.

REFERENCIAS

Braccialarghe, D.; Introcaso, B.; Rodríguez, G. (2015). Hacia la construcción de la modalidad de taller como propuesta de integración de asignaturas entre introducción a la ingeniería y las ciencias básicas. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*. 4 (9), pp. 41-49. Universidad Nacional de Río Cuarto.

CANTORAL, R. et al. (2006). Socioepistemología y Representación: algunos ejemplos. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*. Número especial, pp. 83-102. Ciudad de México.

Cordero Osorio, F. (2004). La modelación y la enseñanza de las matemáticas. Recuperado El 9 de febrero de 2018 de <http://repensarlasmatematicas.files.wordpress.com/2012/09/44art-videoconf-08-2004.pdf>.

Declaración mundial sobre la Educación en el Siglo XXI (1998). Visión y Acción. Recuperado el 9 de febrero de 2018 de UNESCO Web http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration_spa.htm (1998).

Grech, P. (2001). Introducción a la Ingeniería. Un enfoque a través del diseño. Bogotá, D. C. Pearson Educación.

Introcaso, B.; Braccialarghe, D.; C6, P. (2013). El discurso matemático escolar como una práctica social, Su rediseño a través del trabajo interdisciplinario. XXXVI Reunión de Educación Matemática, Unión Matemática Argentina.

Rinesi, E. (2012). ¿Cuáles son las posibilidades reales de producir una interacción transformadora entre Universidad y Sociedad? I Jornadas Nacionales Compromiso Social Universitario y Políticas Públicas. Debates y Propuestas. Cuadernillo 01. Instituto de Estudio y capacitación (CONADU, CTA).

Soto, D. (2010). El Discurso Matemático Escolar y la Exclusión. Una Visión Socioepistemológica. Tesis de Maestría no publicada, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, D. F., México.

POTENCIAL DEL GEOGEBRA PARA HACER MATEMÁTICA. SU IMPORTANCIA EN LA FORMACIÓN DOCENTE.

Brunini, Gladys; Sgreccia, Natalia; Chirino, Facundo; Donato, Valeria

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura UNR

nataliasgreccia@gmail.com

RESUMEN

Se comparte la experiencia de un taller destinado a profesores en ejercicio o futuros profesores en Matemática con interés en integrar software educativo a sus prácticas de enseñanza de la Matemática. Esta integración, para que tenga lugar de manera significativa, trasciende el lugar de “agregado” a la enseñanza tradicional. Replantea la pedagogía puesta en escena y la disciplina en tratamiento. Esto se potencia aún más si se propone trabajar con problemas abiertos, como procuramos hacerlo. La finalidad es problematizar los conocimientos puestos en juego, aprovechando el dinamismo que ofrece GeoGebra como un recurso que puede superar eventuales limitaciones del lápiz y papel, sin reemplazarlos. La importancia del desarrollo del conocimiento tecnológico-pedagógico-matemático del profesor, como amalgama de componentes esenciales de su quehacer, convoca ineludiblemente a las instituciones formadoras.

PALABRAS CLAVE:

Formación de profesores, Software educativo, Problemas matemáticos, Criterios docentes.

1. PRESENTACIÓN

El auge en el avance de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) ha incidido en la sociedad, en las instituciones y, en particular, en las instituciones educativas. Esta incidencia provoca modificaciones en las prácticas que se desarrollan en los distintos niveles educativos en general y en las de enseñanza en especial. Con relación a esto último, la presencia de las TIC invita a los docentes a buscar maneras de incorporarlas a sus prácticas. En lo referido a las prácticas de enseñanza en Matemática, existe una diversidad de recursos vinculados a las TIC para potenciarlas y enriquecerlas. Uno de ellos es el GeoGebra, el cual reconocemos como un software paradigmático tanto por su versatilidad para usarlo en múltiples plataformas y sistemas operativos, como por el acceso para abordar distintas ramas de la Matemática, con un dinamismo que supera a las limitaciones del lápiz y papel (sin la intención de reemplazarlos). Articulado con lo anterior, los Diseños Curriculares vigentes (Ministerio de Educación de Santa Fe, 2014) focalizan en que la enseñanza de la Matemática debe ser llevada a cabo utilizando la resolución de problemas. En suma, el profesor en Matemática deberá ser capaz de poder incorporar las TIC a su práctica docente y hacer hincapié en la resolución de problemas para sus actividades de enseñanza. Vale decir, que estos cambios interpelan a las prácticas educativas que cotidianamente se desarrollan en las instituciones. En este marco, es plausible formularse variados interrogantes, entre otros posibles: ¿pueden integrarse de manera significativa las TIC en el aula?, ¿cómo hacerlo?, ¿qué rol pueden tener las TIC en general y los softwares matemáticos en particular en la resolución de problemas?, ¿cuál es el potencial del software GeoGebra?, ¿cómo aprovechar ese potencial para las prácticas de docentes en Matemática?

Para atender dichas cuestiones realizamos en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario, por intermedio de la Escuela de Posgrado y Formación Continua, el taller: “Conocimiento tecnológico-pedagógico-matemático. El GeoGebra como caso paradigmático”. El mismo estuvo dirigido a profesores en formación y en ejercicio que se sintieran movilizados por incorporar un software con fines educativos, en este caso el GeoGebra, a sus prácticas de enseñanza. Incorporación robustecida desde la significación para sus prácticas, es decir, con la suficiente fuerza para lograr que el profesor se plantee una revisión de los dispositivos y estrategias, en términos pedagógicos y didácticos, que emplea para la enseñanza de la Matemática. En otras palabras, impulsado a buscar metodologías de trabajo que conjuguen lo tecnológico, pedagógico y disciplinar para poder lograr las demandas de una sociedad inmersa en las TIC.

Los objetivos planteados tendieron a que los asistentes puedan:

- reconocer posibilidades didácticas de un software educativo matemático (GeoGebra);
- resolver problemas matemáticos empleando GeoGebra;
- explorar ciertos problemas cuya resolución se dificulta utilizando solo lápiz y papel;
- analizar posibilidades y limitaciones del software;
- desarrollar criterios docentes para el empleo de software educativo en las clases de Matemática.

2. ENCUADRE TEÓRICO

El taller se ancló en el modelo teórico de Mishra y Koehler (2006), que conjuga tres tipos de conocimientos: curricular, pedagógico y tecnológico. El TPCK (por sus siglas en inglés, Technological Pedagogical Content Knowledge) articula los conocimientos del contenido y pedagógico con el tecnológico posibilitando así el ingreso de las TIC a las prácticas de enseñanza con la premisa de generar buenas prácticas con TIC (en términos de Valverde, Garrido y Fernández, 2010). Este modelo, a su vez, sienta sus bases en Shulman (1986), quien sostiene que los profesores tienen un tipo de conocimiento especial: didáctico del contenido.

El TPCK combina los tres tipos de conocimientos simultáneamente y, a su vez, dos a dos (Fig. 1).

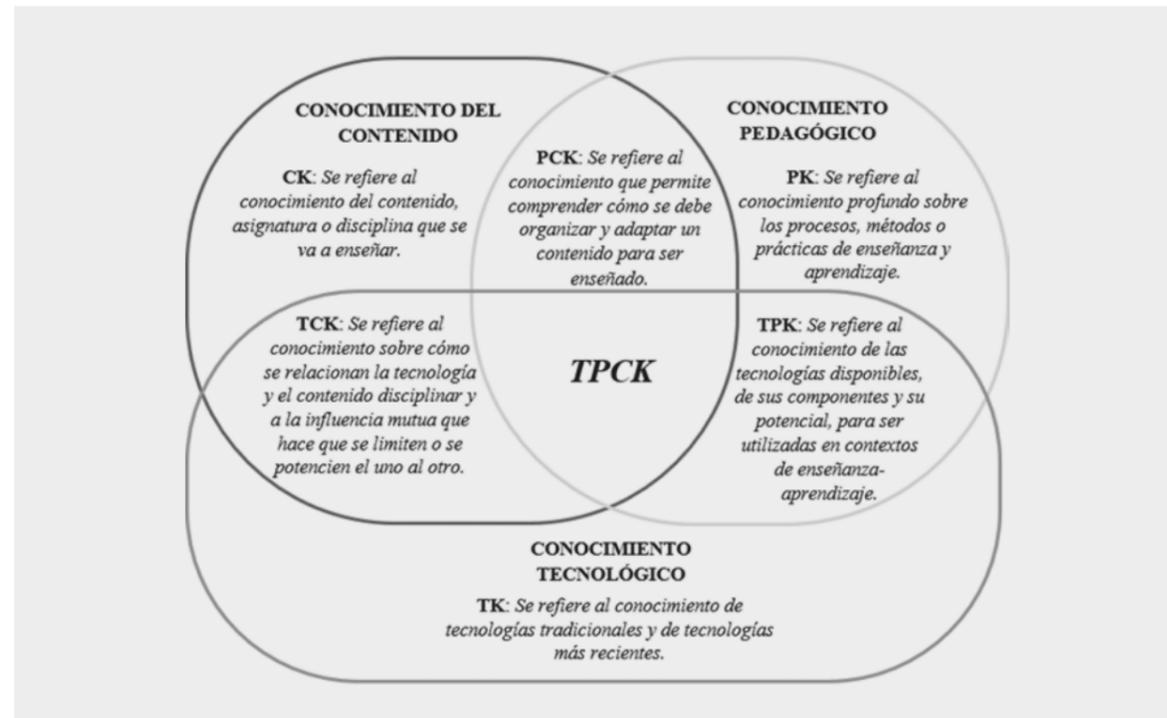


Figura 1. Modelo TPCK (Mishra y Koehler, 2006).

Cada intersección de los conocimientos moviliza al profesor a interpelarse sobre la idiosincrasia de su práctica. Dicho de otra manera, deberá poder hacer frente a interrogantes como ¿qué saberes o contenidos se consideran que debe conocer y/o poner en juego un docente a la hora de realizar sus planificaciones desde esta nueva óptica? Esto lleva, no solo a que el profesor tenga un manejo en cada conocimiento por sí mismo, sino en las intersecciones dos a dos y entre los tres. Por ello, cada instancia demandará tomar decisiones criteriosas desde el punto de vista curricular, pedagógico y tecnológico, en busca de un equilibrio constante.

Al mismo tiempo, y retomando la resolución de problemas como eje central en la enseñanza, para elaborar las secuencias didácticas se necesitará tener en claro a qué se denomina "problema". Nosotros tomamos los aportes de Díaz y Pobleto (2001), quienes clasifican los problemas en rutinarios y no rutinarios. Los primeros son aquellos que su solvencia está basada en aplicaciones de técnicas de resolución que alguna vez fueron trabajadas y, si bien pueden existir mínimos obstáculos, hallar su solución implica un proceso medianamente directo. Mientras que los segundos requieren una selección y articulación de técnicas, posibilitando "crear" Matemática (en términos de Chevallard, Bosch y Gascón, 1997, p.54). Para los problemas no rutinarios, la elección de una técnica y no de otra, y la articulación de manera criteriosa, permite al estudiante crear nuevas relaciones entre los conocimientos que tiene sobre el o los conceptos que se estén trabajando. Es decir, habilita a que el estudiante elabore esquemas de interpretación, selección y acción en busca de una solvencia para el problema. Vale aclarar que en los problemas no rutinarios, el foco del aprendizaje del estudiante no se encuentra en si llegó a un único resultado, sino en todos los procesos que tuvo que elaborar para poder llegar (o tal vez no) a una posible respuesta y que puede diferir completamente de otro estudiante. Sin embargo, es necesario explicitar que es de suma importancia la forma en que está redactado el enunciado de cada problema, ya que el mismo posibilita o cohibe la creatividad del estudiante, en función a la libertad de indagación y exploración que promueven sus palabras. A estos problemas los denominamos "problemas abiertos", es decir, aquellos que permiten más de una respuesta y no un único resultado, partiendo de las mismas condiciones, o sea del mismo enunciado.

Para este taller nos basamos en ocho problemas (P1 a P8) propuestos a docentes en el marco de la Especialización Docente de Nivel Superior en Educación y TIC del Ministerio de Educación de la Nación (Pochulu, 2013-2015). Los problemas seleccionados tuvieron las características de problemas abiertos, acompañados de instancias de socialización entre los asistentes para compartir caminos, estrategias y arribos a resultados.

Para la elaboración del taller, partimos de la hipótesis que, para generar buenas prácticas con las TIC, primero debe ser el docente el que las experimente evitando darle a las mismas una categoría de anexo aislado. Trabajar desde la experiencia in situ para que en un primer momento realice procesos de exploración, interpretación, relación entre contenidos y formulación de sus ideas, entre otros, para alcanzar posibles respuestas. Luego, en un segundo momento, se procuró crear espacios para abordar esos procesos desde la reflexión y hacer un trabajo metacognitivo, tanto en lo individual como en lo colectivo. Dicho de otra manera, se pretendió partir desde bases que fueron construidas en sus biografías escolares como estudiantes, en busca de una resignificación para las prácticas de enseñanza con incorporación de las TIC, mediante la socialización de las experiencias. En sintonía con lo dicho, Jorba, Gómez y Prat (2000) coinciden en que:

Tomar conciencia de los propios procesos de elaboración del conocimiento y apropiación de la cultura facilita el progreso porque permite situarse de manera activa delimitando los objetivos, pidiendo ayuda si es necesario y estudiando las estrategias y los procedimientos más adecuados para conseguir las metas de aprendizaje y los resultados esperados. Hace posible, por tanto, la autorregulación. Metacognición y autorregulación incrementan la eficacia de los aprendizajes y progreso en el desarrollo para la toma de conciencia (p.28).

3. MODALIDAD DE TRABAJO

El taller se organizó en cuatro encuentros presenciales, cada uno de ellos de 3 hs. reloj. Los ejes del trabajo consistieron en:

- Diseño de actividades de enseñanza con software, mediante las que se procuraron hacer emerger criterios docentes, a partir del trabajo con ejemplos y contraejemplos de propuestas que aprovechan las tecnologías.
- Resolución de problemas matemáticos con software, con el fin de concientizar a los asistentes acerca de las etapas necesarias en el proceso de resolución y de la importancia para el aprendizaje, de la manifestación tanto de los aciertos como de los desaciertos en dicho proceso.
- Conocimiento pedagógico del contenido y la tecnología, en términos del encuadre teórico TPCK, con la intención de resignificar criterios docentes en diálogo con referentes teóricos.

Nos propusimos diseñar actividades tendientes a provocar en los asistentes rupturas o modificaciones a nivel cognitivo respecto a sus ideas previas acerca de utilizar un software para la enseñanza de la Matemática. Para ello planificamos situaciones contrastantes al abordar problemas con enunciados más limitantes con relación a la libertad del estudiante y problemas abiertos. Propiciar situaciones de desmontaje permitió una revisión y reacomodamiento en términos cognitivos respecto a las TIC y el lugar que pueden ocupar en la práctica de cada docente. Uno de los dispositivos que se diseñó para lograr este objetivo fue la implementación de las narrativas. Se propusieron dos trabajos prácticos individuales en los cuales cada uno tenía un problema abierto y, además de abordar cada problema, los asistentes debieron escribir todo aquello que fueron haciendo desde lo procedimental, como también las sensaciones, pensamientos y emociones que los atravesaban en cada instante. Se les pedía que a sus escritos le otorgaran una mirada reflexiva para vislumbrar los procesos que se fueron dando en la medida que avanzaban en sus producciones, independientemente de arribar o no a alguna respuesta.

Otro objetivo fue aludir a que no es indispensable que el asistente necesite un conocimiento y dominio del software de manera ejemplar para que, recién en esas condiciones, pueda elaborar una secuencia didáctica. Para esto, los problemas planteados solo requirieron comandos simples, aún para aquellos asistentes con poco/nulo dominio del software.

Los encuentros se planificaron y concretaron de la siguiente manera, a modo de resumen:

- En el primer encuentro se plantearon las condiciones de aprobación del taller y la consigna del trabajo final. Después, se presentó el software matemático GeoGebra, que sería el soporte del taller. Se exploró la página web¹ y sus distintas secciones. En una segunda etapa, se les propuso a los asistentes formar grupos de dos integrantes para explorar los problemas P1 a P5 bajo la consigna que los exploren y registren características de los mismos. Esto fue

¹ <https://www.geogebra.org/> visitado 04/03/2018.

un puntapié para abordar un análisis sobre los problemas y sus enunciados, que después condujeran a la elaboración de criterios para la intervención del docente en el trabajo con problemas abiertos. Además, se dejó el primer trabajo práctico (TP1), que consistía en intentar dar una respuesta al enunciado del P5 y confeccionar una narración que dé cuenta de los procesos y sentimientos vivenciados.

- El segundo encuentro, se abocó al trabajo sobre dos problemas, uno de Geometría (P6) y otro de Cálculo (P7) que se distribuyeron alternadamente a cada grupo. Aquí se planteó que, además de explorar el problema, intenten obtener una respuesta. Luego, en una puesta en común se compartieron los puntos de vistas de cada grupo, y las respuestas, o mejor dicho conjeturas, que cada uno elaboró y trató de verificar o refutar. Este encuentro se caracterizó por una fuerte actividad matemática puesta en juego, y con ella todos los procesos involucrados. Se dejó el segundo trabajo práctico (TP2), con una consigna, en esencia igual a la del TP1, pero enfocada al problema que le tocó a cada grupo.
- En el tercer encuentro, al principio de la clase, se realizaron devoluciones en forma oral del análisis que realizamos los docentes del taller sobre el TP1 aludiendo a cuestiones que los asistentes manifestaron como preocupaciones o desilusiones. Luego, se planteó el octavo problema, que se utilizó como disparador (acompañado con una serie de preguntas asociadas a cuestiones de contenido, pedagógicas y didácticas) para introducir el modelo TPCK y abordar cada elemento del mismo. En función al sustento teórico, cada grupo podía fusionarse con otro para elaborar el trabajo final del taller y su defensa sería en el último encuentro.
- En el cuarto encuentro, antes de que comenzaran las defensas de los trabajos finales, se les hizo la devolución oral del análisis de los TP2 y también una comparación entre las actitudes y posturas que los asistentes tomaron entre un trabajo práctico y otro. Luego, cada grupo comenzó con la defensa de su trabajo, explicando el problema propuesto y fundamentando la elección desde el modelo TPCK.

Explicando un poco más lo realizado en cada encuentro, en el primero se propuso la confección de criterios que un docente debe considerar para trabajar sobre secuencias, como las que se planteó en el taller. Estos criterios surgieron de la producción en conjunto con los asistentes. Para lograr esto, después de la exploración de los problemas, se hizo una puesta en común para echar luz a las coincidencias, diferencias y particularidades que observaron los diferentes equipos, es decir, un análisis descriptivo, comparativo y no definitivo de los problemas. Esto dio pie a plantearles la siguiente pregunta: ¿qué criterios consideran que se deben tener en cuenta a la hora de elaborar una consigna distintiva que resulte potente para trabajar con un software? Mediante una lluvia de ideas se registraron en el pizarrón algunos puntos que los asistentes consideraron claves, para la preparación e intervención del docente en clases mediadas por TIC.

Luego se encauzó el trabajo en sintetizar lo anterior, enunciando algunos criterios:

- Que la actividad no sea cerrada, es decir, que admita más de una única resolución.
- Que la actividad no brinde más información de la que se necesita para resolverla, es decir, no dar ayudas o aclaraciones de entrada sobre el camino a seguir.
- Que la actividad no se encuentre demasiado pautada.
- Que la actividad requiera justificar las elecciones que se realizan, así como también las que se rechazan.
- Que el uso de nuevos recursos sea necesario para resolver la actividad y no una imposición del docente.
- Que lo solicitado sea algo matemático y no referido al uso del software.
- Que se consideren momentos de anticipación de posibles errores, respuestas inesperadas, inacción, etc.
- Que ante cada tarea se prevean intervenciones docentes apropiadas.
- Que se intervenga a partir de lo que el estudiante presenta, tratando de identificar lo que piensa y cómo lo hace, evitando decir directamente si la resolución es correcta o no y solicitando explicaciones ante respuestas tanto correctas como incorrectas (no solo en las incorrectas).

Con relación a la devolución de los trabajos prácticos, comentaremos a continuación algunos aspectos relativos al TP2. Como ya se mencionó, en el segundo encuentro se les propuso a los asistentes trabajar con dos problemas (P6 y P7), repartidos en forma alternada entre los equipos ya constituidos en los encuentros anteriores (Tabla 1).

A partir del análisis de estos trabajos prácticos encontramos notorias diferencias en comparación con lo observado en el primero de los trabajos realizados. En el TP1, los asistentes se “autocrearón” ciertos obstáculos para el abordaje del problema, ya que se referían, por ejemplo, al desconocimiento de muchas funciones del GeoGebra o cómo manejar la generalidad de los casos que promovía el problema. Sin embargo, después de la devolución de ese trabajo, en este segundo la mayoría de esos obstáculos fueron desapareciendo.

A partir del mismo enunciado, los asistentes exploraron distintos recursos que brinda el software y arribaron a conjeturas distintas entre sí (Tabla 2).

P6	P7
<p>Sea $ABCD$ un cuadrilátero cualquiera y $EFGH$ el cuadrilátero que resulta de unir las intersecciones de las bisectrices de los ángulos interiores del $ABCD$.</p> <p>a) Analizar características y propiedades que se pueden anticipar del $EFGH$ si se conocen las características y propiedades del $ABCD$.</p> <p>b) Enunciar al menos una conjetura a partir de lo analizado en el punto anterior.</p> <p>c) Demostrar o aproximar una demostración formal de alguna conjetura enunciada.</p>	<p>Sea $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ con $f(x) = ax^2 + bx + c$, donde a, b y c representan números reales y $a \neq 0$.</p> <p>a) Describir las características gráficas de la familia de curvas que resultan de variar solo el parámetro b.</p> <p>b) Enunciar al menos una conjetura a partir de lo analizado en el punto anterior.</p> <p>c) Demostrar o aproximar una demostración formal de alguna conjetura enunciada.</p>
<p>Consigna del TP2</p>	
<p>Generar dos archivos, uno .ggb y otro .doc, denominados “TP2-ApellidoMiembro1-ApellidoMiembro2” y subirlos a la plataforma e-educativa (“Archivos” → “Trabajo Práctico 2”). En el primero dejar plasmado en GeoGebra el proceso realizado y en el segundo responder los ítems de la actividad de manera detallada, con un estilo de narrativa (recordar: todas las partes del proceso son valiosas).</p>	

Tabla 1. Enunciado de los problemas y el trabajo práctico.

CONJETURAS Y HALLAZGOS DEL PROBLEMA DE GEOMETRÍA ² (P6)
<ul style="list-style-type: none"> • Si el cuadrilátero $ABCD$ es rectángulo entonces el cuadrilátero $EFGH$ es un cuadrado. • Sea $ABCD$ un cuadrilátero convexo tal que las bisectrices de sus ángulos interiores determinan el cuadrilátero convexo $EFGH$. Entonces, los ángulos interiores opuestos de $EFGH$ son suplementarios. • Sea $ABCD$ un cuadrilátero convexo tal que las bisectrices de sus ángulos interiores determinan el cuadrilátero convexo $EFGH$. Entonces, las mediatrices de los lados de $EFGH$ se intersecan en un punto. • Si $ABCD$ es un cuadrilátero convexo tal que las bisectrices de sus ángulos interiores determinan el cuadrilátero convexo $EFGH$, entonces $EFGH$ es inscriptible. El centro de la circunferencia que lo circunscribe es la intersección de las mediatrices de sus lados.
CONJETURAS Y HALLAZGOS DEL PROBLEMA DE CÁLCULO ³ (P7)
<ul style="list-style-type: none"> • Dada una función cuadrática de la forma $f(x) = ax^2 + bx + c$, con a, b y c reales, y $a \neq 0$, la gráfica que describen los vértices de la familia de parábolas, que se obtienen al variar el parámetro b, es una parábola cuya ley es: $g(x) = -a \cdot x^2 + c$. • Los vértices obtenidos de la familia de curvas formada por las gráficas de las $f_b(x), \forall b \in \mathbb{R}$ coinciden con el lugar geométrico de una parábola $g(x)$ cuya concavidad es opuesta. • Las gráficas que obteníamos eran todas con la misma concavidad, siendo todas traslaciones de la original.
SENTIMIENTOS Y SENSACIONES
<ul style="list-style-type: none"> • Frente a la consigna: casi no hubo comentarios al respecto. Excepcionalmente se describieron intentos de interpretarla, en su significado y también en nuestras expectativas e intenciones relativas a ella. • Al no obtener resultados deseados: frustración e insatisfacción. Sensaciones que funcionaron como motores de nuevas búsquedas y no desencadenaron en enojo o abandono o cuestionamientos de la actividad. • Al obtener resultados deseados: no hubo comentarios puntuales, salvo la insatisfacción por pretender abordar otro tipo de conjetura quizás más general. • Frente a la exploración del software: entusiasmo, sorpresa, posicionamiento similar al que tendrían los alumnos.

Tabla 2. Elementos constitutivos de las narrativas relativas a las resoluciones de los problemas.

El tercer encuentro se destinó al estudio del TPCK, como modelo para las prácticas con TIC, y qué consideraciones se deben tener en cuenta para poder generar buenas prácticas. Se explicitó cada uno de los conocimientos que toma el modelo, así como cada intersección dos a dos, brindando un marco que respalde las secuencias didácticas en el momento que se desee incorporar las TIC a las prácticas de enseñanza. Al finalizar este encuentro, se recordó a los asistentes la consigna del trabajo final.

² Son algunas conjeturas que obtuvieron los asistentes. En total se registraron diez conjeturas.

³ Son algunas conjeturas que obtuvieron los asistentes. En total se registraron seis conjeturas.

En el último encuentro se destinaron al comienzo unos minutos para realizar las devoluciones del TP2. Posterior a eso, se dio lugar a que cada grupo realizara la defensa de sus trabajos finales. La naturaleza de cada uno fue variada en cuanto a la temática y los comandos de GeoGebra: uno se posicionó en la vista 3D que ofrece el software; otro grupo tomó como insumos secuencias que se comparten a la comunidad en el sitio web de GeoGebra; un tercer grupo propuso un problema de su propia autoría; y los dos últimos grupos reeditaron problemas presentados en el taller cuyos enunciados inicialmente limitaban la libertad de acción para el estudiante.

4. REFLEXIONES FINALES

Días previos al inicio del taller, los asistentes recibieron un cuestionario inicial (CI) y en la finalización del último encuentro, recibieron otro (cuestionario final, CF). Allí podemos encontrar las voces de los asistentes antes y después del taller, en las cuales nos basamos para poder traer a escena sus ideas respecto a qué esperaban del mismo, y si cumplió o no con sus expectativas. En relación con las preguntas planteadas en el CI, primero nos encontramos que gran parte de los asistentes tenían como idea aprender más sobre el software en términos técnicos. Algunos pocos aludieron más al campo didáctico y pedagógico del uso del GeoGebra. Sin embargo, después de haber transitado el taller, vislumbraron que con solo dominar los comandos del software no alcanza para incorporar el recurso de manera significativa en sus prácticas docentes. Manifestaron que se debe tratar de mantener un equilibrio entre los tres conocimientos que se establecen en el modelo TPCK y las decisiones que se vinculan con cada conocimiento. Más aún, entre las respuestas del CF se percibe una toma de conciencia acerca de que los problemas abiertos posibilitan otros aprendizajes por la naturaleza de los mismos y les otorgan mayor importancia a los procesos que un estudiante pone en juego, sin estar atado a que obligadamente debe llegar a un único resultado. Asimismo, los asistentes indicaron limitaciones en el uso de las TIC, ya que puede haber impedimentos externos al docente, por ejemplo, falta de computadoras para que medianamente haya organización en el trabajo áulico, como también que la elaboración de secuencias didácticas deberán tener una cierta sistematización, superando una mera espontaneidad.

Otro aspecto que manifestaron los asistentes es la coexistencia de recursos tradicionales y tecnológicos-electrónicos modernos, sin que los últimos supriman a los primeros. En otras palabras, durante todos los encuentros los participantes apelaron al dinamismo del GeoGebra, pero al mismo tiempo lo articularon con registros en lápiz y papel donde ahí mismo terminaba plasmada la conjetura y aseveración o refutación.

Por último, consideraron que este tipo de talleres es fructífero para la formación inicial y continua de profesores en Matemática, tanto por los espacios que hubo para la reflexión colectiva (las puestas en común de cada encuentro) como por las producciones de a pares (las narrativas de los trabajos prácticos). Agregaron que este tipo de actividades contribuye a minimizar resistencias y comenzar a producir “grietas” en las prácticas tradicionales conservadoras que están arraigadas en las instituciones. Es decir, un cambio de paradigma.

En lo referido a los asistentes, notamos que hubo indicios de transformación en sus concepciones relativas a las TIC vinculadas con el aula y las prácticas de enseñanza. Las resistencias que los asistentes tenían con los problemas abiertos y la falta de conocimientos sobre los comandos del GeoGebra, se fueron diluyendo. Se atrevieron a la exploración, al análisis de casos particulares, a la formulación de conjeturas, reconociendo los procesos cognitivos que promueven consignas con un alto grado de libertad de decisión. Concibieron, en este caso, al GeoGebra como un medio potente dada su versatilidad para el quehacer matemático, pero sin que sea por sí mismo el protagonista. Esto último se observó en las defensas de los trabajos finales, puesto que cada grupo sostenía su propuesta en el GeoGebra como un mediador para abordar un problema matemático.

A lo largo del taller, la palabra conjetura cobró un papel relevante para los asistentes. Ellos mismos transitaron, por la apertura de los enunciados de cada problema, una exploración de casos particulares, buscaron regularidades o patrones, que luego formalizaron en una conjetura que trataron de validar o refutar encontrando algún caso en el que no se verifique. Álvarez, Bautista, Carranza y Soler-Alvarez (2014) sostienen que el proceso de conjeturar se compone por otras actividades, como ya dijimos, visualizar, encontrar posibles regularidades para varios casos, buscar relaciones y así dar paso a una formulación de una posible propiedad que luego se deberá analizar en relación con su alcance y veracidad.

La resolución de problemas como metodología para la enseñanza y el aprendizaje estuvo presente en todo momento, tanto desde nuestras propuestas como las de los asistentes. Primero estaba el quehacer matemático y, con los andamiajes adecuados, se alcanzaron resultados esperados, no asociados a un problema o contenido en particular, sino a los procesos reflexivos y metacognitivos para comprender el paradigma en el que se está inserto, en una sociedad atravesada por las TIC.

Pensamos que los objetivos del taller fueron alcanzados, basándonos en las producciones escritas de los asistentes, como también en el acompañamiento de nuestra parte en cada uno de los encuentros, percibiendo las resistencias y curiosidades de animarse a explorar más un software tan versátil como es el GeoGebra. Aunque, es admisible pensar en que es un desafío para los docentes la incorporación, como en este caso, de un software matemático a sus prácticas, que tienen una historia, una tradición y que, en cada docente, está cobijada por su biografía escolar. Sin embargo, no es imposible. Sostenemos que este tipo de actividades, como las llevadas a cabo en el taller, posibilita una mirada significativa de la práctica docente y su relación con las TIC. Todos aquellos interrogantes que emerjan al interpelar dicha relación serán de insumo para continuar pensando, reflexionando y diseñando dispositivos de formación para los profesores (en formación y ejercicio) en busca de nuevas propuestas para robustecer y/o modificar las prácticas actuales en las clases de Matemática.

REFERENCIAS

- Álvarez, I., Bautista, L., Carranza, E. y Soler-Álvarez, M. (2014). Actividades Matemáticas: Conjeturar y Argumentar. *Números*, 85, pp. 75-90.
- Chevallard, Y., Bosch, M. y Gascón, J. (1997). Cuadernos de educación, estudiar matemáticas. El eslabón perdido entre enseñanza y aprendizaje. Barcelona: ICE Universidad Autónoma/ Horsori.
- Díaz, M. V. y Poblete, A. (2001). Contextualizando tipos de problemas matemáticos en el aula. *Números*, 45, pp. 33-42.
- Jorba, J., Gómez, I. y Prat, A. (2000). Hablar y escribir para aprender. Uso de la lengua en situación de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares. Barcelona: Síntesis.
- Ministerio de Educación de Santa Fe. (2014). Diseño Curricular Educación Secundaria Orientada. Santa Fe: Autor.
- Mishra, P. y Koehler, M. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), pp. 1017-1054.
- Pochulu, M. D. (2013-2015). Propuesta educativa con TIC: Enseñar con TIC Matemática I (Clases 1 a 6). Especialización Docente de Nivel Superior en Educación y TIC. Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), pp. 4-14.
- Valverde, J., Garrido, M. C. y Fernández, R. (2010). Enseñar y aprender con tecnologías: un modelo teórico para las buenas prácticas con TIC. *Revista Electrónica Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 11(1), pp. 203-229.

EXPLORANDO LAS PROPIEDADES DEL ELECTRÓN EN EL LABORATORIO DE GRADO

Cabrera, Lucía; Picó, Román

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura UNR

lucia.mcabrera@gmail.com

romanpico@gmail.com

RESUMEN

Una ampolla de vidrio insuflada con gas a baja presión y sometida a la acción de un campo magnético constante es habitualmente empleada para medir la relación carga-masa del electrón en el laboratorio. Este dispositivo experimental brinda, además, otras posibilidades que aquí se exploran. Con una cámara CCD corriente se registran imágenes de la experiencia y, mediante procesamiento digital, se analiza el decaimiento de intensidad del haz electrónico, y su comportamiento se ajusta por un modelo teórico. En base a los parámetros de ajuste, se calcula la sección eficaz de interacción entre las cargas y las moléculas del gas. Esta experiencia se completa con la medición de la masa en reposo del electrón. Para ello se utiliza una fuente radiactiva, preferentemente monoenergética, y un espectrómetro de rayos gamma. El análisis del espectro de la fuente permite no sólo calcular la masa en reposo del electrón, sino además corroborar experimentalmente la relación relativista entre energía y momento. Conocidas la relación carga-masa y masa en reposo, y aunando ambas etapas experimentales, finalmente se calcula la carga fundamental. La incorporación de estas propuestas al experimento tradicional permite la integración de conocimientos adquiridos en el transcurso de la formación académica.

PALABRAS CLAVE

Electrón, Carga fundamental, Masa en reposo, Relatividad.

1. MOTIVACIÓN

Habitualmente se tiene la noción de que para medir constantes fundamentales de la naturaleza se requiere de equipamiento sofisticado. De forma similar, la temática de relatividad y, en particular, relatividad especial, se estudian en el transcurso de la formación de grado desde una perspectiva puramente teórica. Este tratamiento otorga un tinte excesivamente abstracto, y no se dispone de experiencias de laboratorio que permitan su corroboración empírica.

De la combinación de la tradicional medición de la relación e/m con un sencillo experimento de radiactividad para la medición de la masa en reposo del electrón se obtienen resultados no triviales. Es directo el cálculo de la carga fundamental, y como resultado adyacente se verifica de forma empírica la relación relativista energía-momento.

En particular, además, la experiencia de medición de la razón carga-masa da lugar al estudio de la dinámica electrónica en presencia de campos magnéticos a través de la introducción de un modelo teórico sencillo. Los buenos resultados de este ajuste son clara evidencia de que, si las hipótesis consideradas son correctas, aún con modelos simples puede obtenerse un entendimiento profundo de los fenómenos físicos involucrados.

2. RELACIÓN CARGA/MASA, ATENUACIÓN DEL HAZ ELECTRÓNICO Y SECCIÓN EFICAZ DE INTERACCIÓN

Es habitual encontrar en los laboratorios universitarios de física experimental un dispositivo, generalmente comercial, de haz electrónico filiforme confinado en una ampolla de gas a baja presión y sometido a un campo magnético uniforme para la medición de la razón carga-masa del electrón. La cátedra de Física Experimental IV de la Licenciatura en Física de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la UNR cuenta con un equipo de estas características para su uso en el desarrollo regular de las actividades curriculares. La experiencia aquí descrita se desarrolló en el marco de esta cátedra durante el primer semestre del año académico 2017. Para el equipo utilizado la relación carga-masa queda dada por¹

$$\frac{e}{m_e} = \frac{125}{8} \frac{V R^2}{d^2 \mu_0^2 N^2 I^2}$$

donde V es el potencial empleado para acelerar las cargas, R el radio de las bobinas de Helmholtz con que se genera el campo, I la corriente que circula por las mismas, N un número de espiras y del diámetro del haz filiforme circular.

El alcance de este tipo de dispositivos es rara vez explotado. Se realiza aquí, además de los cálculos habituales, el análisis del decaimiento de intensidad luminica del haz, teniendo en cuenta que las múltiples interacciones de cada electrón con las moléculas del gas circundante contribuyen a la dispersión de éste. Más aún, siendo la energía típica de los electrones térmicos del orden de 300 eV, resulta esperable que cada uno experimente múltiples interacciones con moléculas de H₂, cuyo potencial de ionización es de 15.603 eV. Las diversas contribuciones pueden englobarse en un único parámetro de impacto² s, de forma que la intensidad relativa de cada punto esté dada por $T(x) = e^{-3x}$ siendo $x=r\theta$, donde r es el radio del haz y θ el ángulo barrido por los electrones. Asimismo, la sección eficaz de interacción electrón-H₂ puede calcularse² como

$$\sigma = \frac{s}{n_v}$$

donde $n_v = \frac{P N_A}{R T}$ es la densidad molecular, con P la presión del recinto, N_A el número de Avogadro, R la constante de los gases ideales y T la temperatura absoluta.

2.1 Dispositivo

En esta etapa de la experiencia se empleó un dispositivo comercial marca Leybold Didactic, compuesto por un tubo de rayo filiforme modelo LD 555 571 con H₂ a una presión de 1 Pa y bobinas de Helmholtz LD 555 581 de 130 espiras y radio 15 cm. Los valores para el cálculo de e/se me tomaron de la forma habitual. Para el procesamiento digital de imágenes se registraron varias tomas fotográficas con cámara CCD montada sobre un trípode.

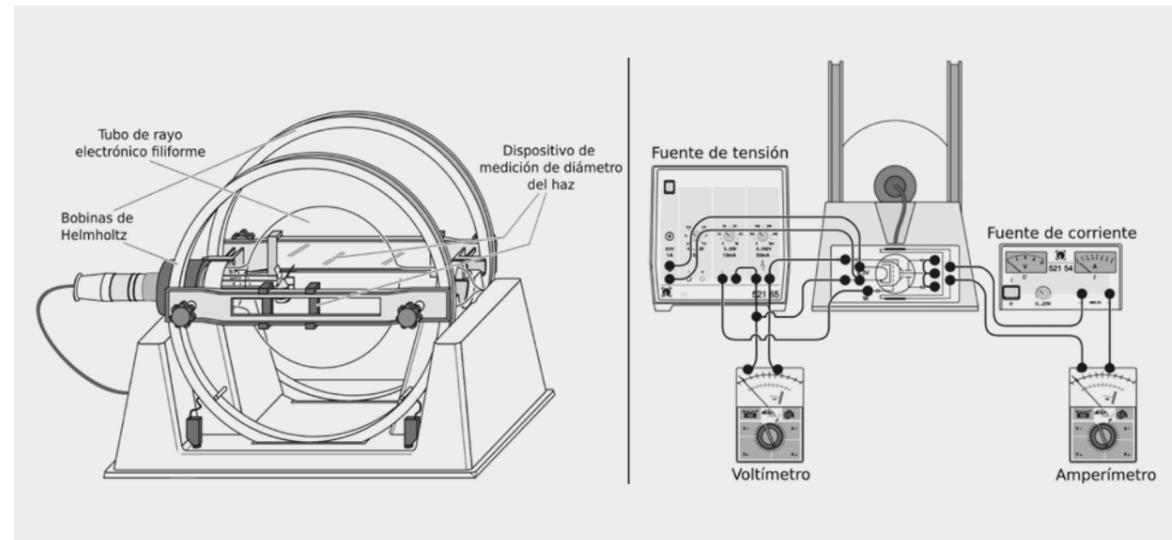


Figura 1. Dispositivo experimental.

2.2 Procesamiento digital de imágenes

Con el software ImageJ se realizó un pretratamiento de la imagen (recortado, transformación a escala de grises) y se insertó sobre la misma una grilla para facilitar la medición de intensidades en ángulos conocidos, que se ubican mediante relaciones geométricas, siendo el cero el punto en que el haz se eyecta de los electrodos. ImageJ proporciona los datos de intensidad en forma de tablas de pares intensidad/píxel, que pueden graficarse (Figura 2) y analizarse en software externo. La información de intensidades a intervalos de unos 45° se analizó con QtiPlot. Los puntos se ajustaron a curvas gaussianas, que se integraron para obtener la intensidad absoluta en cada ángulo. Finalmente, estas se normalizaron respecto al punto de $\theta = 0^\circ$ y se obtuvo así la intensidad relativa.

2.3 Resultados

La figura 3 presenta el ajuste de la intensidad al modelo teórico propuesto, encontrándose la tendencia en total concordancia con lo previsto. De ésta se obtiene el parámetro s con el que se calcula un valor de sección eficaz de interacción $\sigma = (1,02 \pm 0,07) \text{ \AA}^2$ asumiendo una temperatura de 300 K. Este valor es cualitativamente acorde con lo esperado³ para el rango de energías trabajado. Se midió además, de la forma usual, un valor de $\frac{e}{m} = (1,8 \pm 0,1) 10^{11} \frac{C}{Kg}$ consistente con el aceptado $\frac{e}{m} = (1,758820024) 10^{11} \frac{C}{Kg}$.

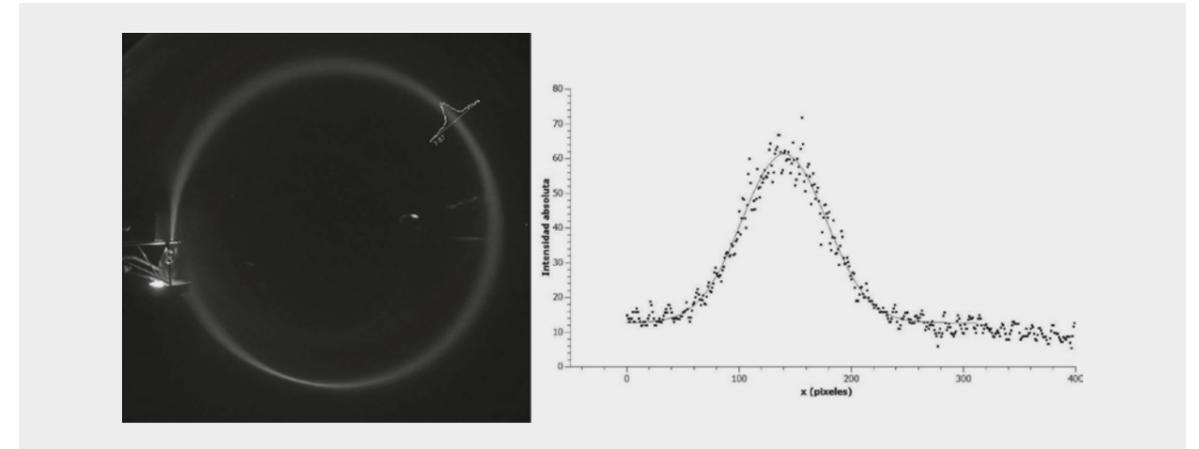


Figura 2. Curva de intensidad en un punto del haz.

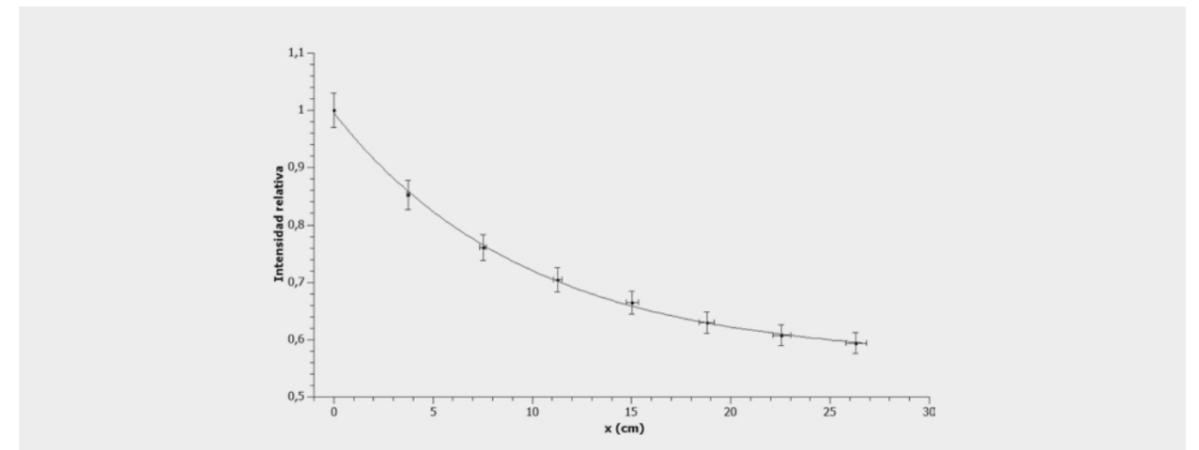


Figura 3. Ajuste al modelo teórico.

2.4 Conclusiones

El excelente ajuste exponencial obtenido para los puntos experimentales de intensidad relativa sugiere una validación del modelo teórico considerado. Lo mismo es avalado por la buena aproximación cualitativa de sección eficaz de interacción electrón-H₂.

3. RELATIVIDAD Y MASA EN REPOSO

Cuando se produce una interacción tipo Compton entre un fotón gamma y un electrón, la máxima transferencia de energía y momento se produce cuando el fotón es dispersado en 180°. En este caso, y sin realizar consideraciones de relatividad, puede mostrarse⁴ que $m_{nr} c^2 = \frac{(2 E_\gamma - T)}{2 T}$ donde $m_{nr} c^2$ es la masa no relativista del electrón, E_γ la energía de los fotones y T la máxima energía cinética entregada por los mismos. Teniendo en cuenta que la radiación gamma proveniente de fuentes habituales tiene una energía del orden de 1MeV es claro que la situación se enmarca dentro de condiciones relativistas. Entonces, lo anterior puede reescribirse según

$$m_{nr} c^2 = \frac{T}{2} + m_0 c^2 = \frac{(2 E_\gamma - T)^2}{2 T}$$

donde $m_0 c^2$ es la masa en reposo. Asimismo, se tiene en función de las variables experimentales

$$m_0 c^2 = \frac{2 E_\gamma (E_\gamma - T)}{T}$$

$$\beta = \frac{v}{c} = \frac{T(2 E_\gamma - T)}{T^2 - 2 E_\gamma T + 2 E_\gamma^2}$$

Las cantidades E_γ y T pueden obtenerse del espectro de emisión de una fuente de radiación gamma como la energía del fotopico y la del borde Compton, respectivamente. El borde Compton puede situarse, deconvolucionando el espectro, en la mitad de la altura de la curva gaussiana que ajusta al sector⁴.

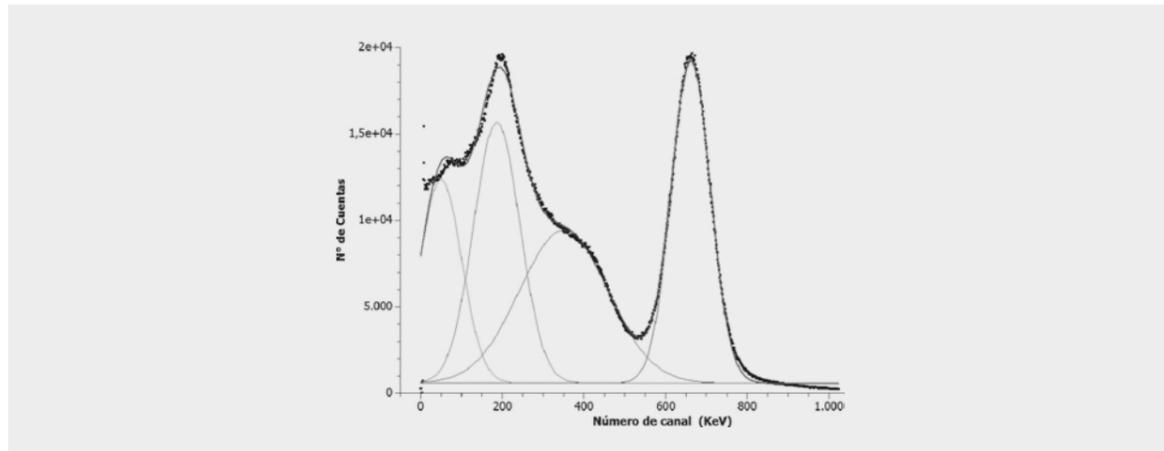


Figura 4. Espectro emisión ¹³⁷Cs.

3.1 Dispositivo

Un esquema de la disposición experimental se presenta en la figura 5. Los fotones gamma provenientes de una fuente radiactiva monoenergética son colectados para ser analizados por un espectrómetro de rayos gamma, compuesto por un detector, un fotomultiplicador, amplificador de señal y analizador multicanal. La señal es amplificada a través del fotomultiplicador. Los datos son interpretados por el software propio del analizador multicanal y registrados en forma gráfica en una PC. Se obtuvieron espectros de ¹³⁷Cs y se complementó el rango de energías estudiadas con datos extraídos gráficamente de espectros de ¹⁹⁸Au, ²⁴Na y ²⁰⁷Pb⁵.

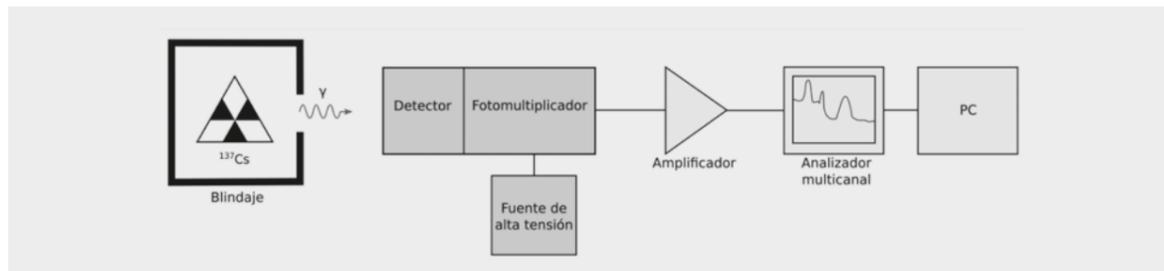


Figura 5. Espectrómetro para radiación Gamma.

3.2 Resultados

En las figuras siguientes se presentan los resultados de la experiencia. De la figura 6 es claro que la masa no relativista depende linealmente de la energía cinética T , aquí con pendiente 0,485 y ordenada al origen $m_0c^2 \sim 512 \text{ KeV}$.

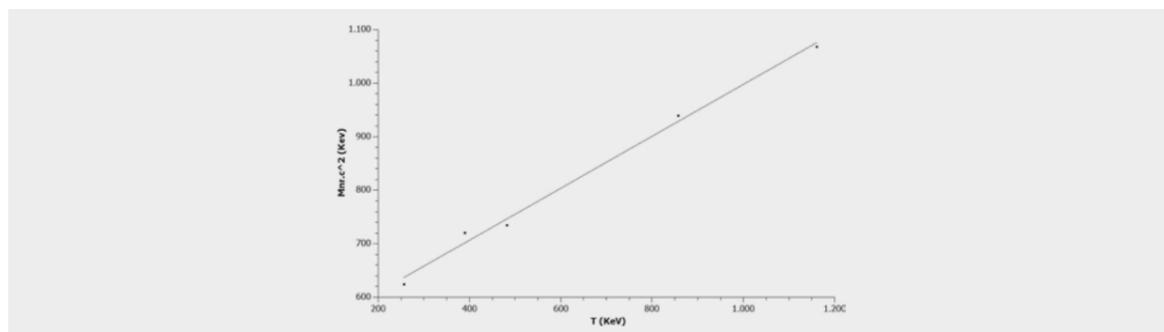


Figura 6. Masa no relativista vs. T .

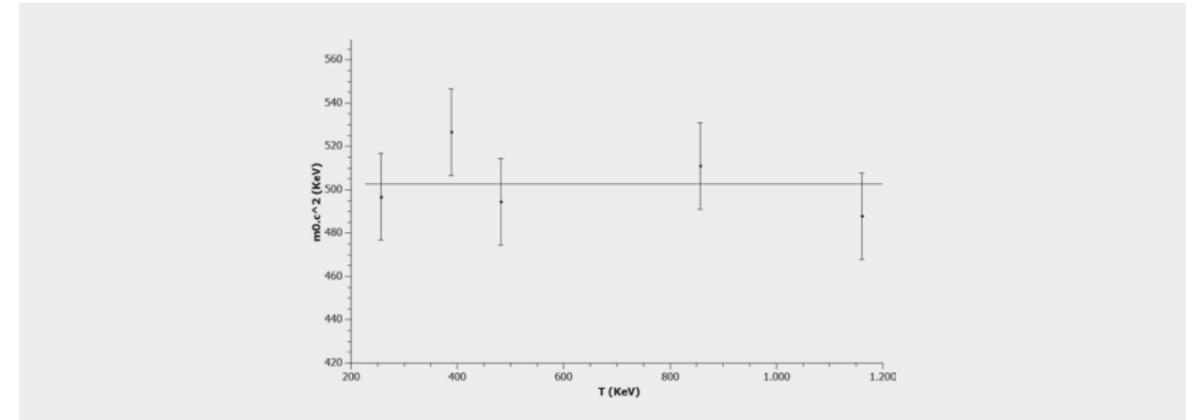


Figura 7. Masa en reposo vs. T .

La masa en reposo es evidentemente independiente de T (figura 7). Los cálculos para diferentes E_γ se dispersan en torno a un valor medio de 503KeV.

Sabiendo que $pc = \gamma\beta m_0c^2$, donde p es el momento lineal del electrón, se observa en la gráfica de la figura 8 el comportamiento esperado para esta cantidad. Para el fotón más energético (²⁴Na), $\beta \sim 1$ lo cual evidencia que es imprescindible un tratamiento relativista.

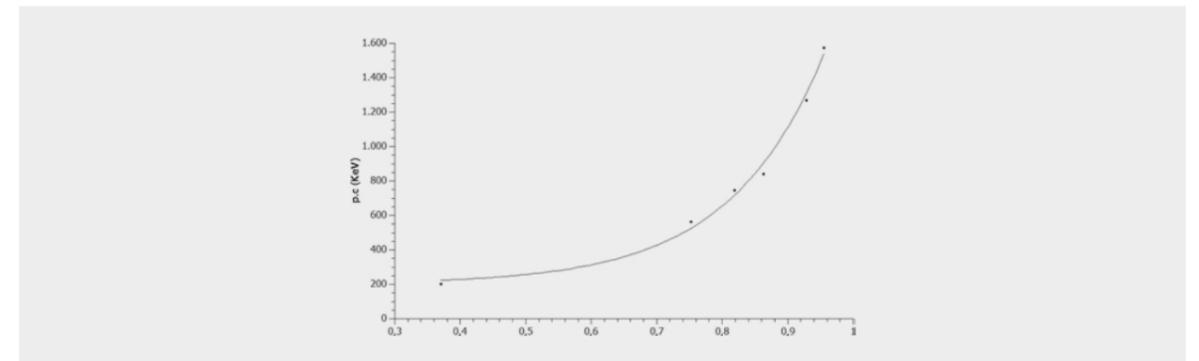


Figura 8. pc vs. β .

3.3 Conclusiones

Los diversos valores medidos de m_0c^2 son cualitativamente buenos. El más exacto ($m_0c^2 = 512 \text{ KeV}$) resulta del ajuste lineal de $m_{nr}c^2$ vs T , lo que sugiere la importancia de emplear varias fuentes de radiación y de trabajar con un rango de energías amplio.

4. COMENTARIOS FINALES

Con la información recabada en ambas experiencias finalmente se calcula una muy buena aproximación de la carga fundamental $e = (1,5 \pm 0,2)10^{-19} \text{ C}$. El estudio resulta muy completo y permite al alumno familiarizarse con diferentes técnicas experimentales y de tratamiento de datos, y corroborar cuestiones (como las pertinentes a relatividad) antes sólo mencionadas en las aulas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen especialmente a la cátedra de Física Experimental IV de la Licenciatura en Física de la UNR, Doctores Malarría J., Gómez B., Ísola L. y Barolín S., al Dr. Id Betan R., y al Lic. Orso J., así como al Dr. Carlos Figueroa de la Universidad Nacional de Tucumán, coautor del artículo que motivó esta experiencia.

REFERENCIAS

- [1] **Reitz J. Milford F. (1969)**. Fundamentos de la teoría electromagnética. Mexico: Unión Tipográfica.
- [2] **Ovejero M. Brizuela H. Figueroa C. (2016)**. Aplicaciones complementarias de la práctica de medición de la carga específica del electrón 101° Reunión de la Asociación Física Argentina.
- [3] **Nickel J. C. Kanik I. Trajmar S. Imre K. (1992)**. Total cross section measurements for electron scattering on H2 and N2 from 4 to 300eV. Journal of Physics B 25, pp. 2427-2431.
- [4] **Jolivette P. L. Rouze N. (1994)**. Compton scattering, the electron mass, and relativity: A laboratory experiment. American Journal of Physics 62, pp. 266-271.
- [5] **Radiochemistry Society**, http://www.radiochemistry.org/periodictable/gamma_spectra/.

ANÁLISIS DINÁMICO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE INDUCCIÓN EMPLEANDO SOFTWARE INTERACTIVO

Cano, José Ángel

Escuela de Ingeniería Eléctrica / Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura UNR

jacano@fceia.unr.edu.ar

RESUMEN

La mayoría de los sistemas reales en la Ingeniería Eléctrica son complejos, y el análisis del desempeño dinámico de las máquinas eléctricas rotantes, requiere la manipulación de ecuaciones diferenciales con coeficientes variables en el tiempo.

Esta característica hace casi imposible la ejecución de ejercicios tradicionales, requiriendo la utilización de software de simulación.

Con este objetivo, en la asignatura Máquinas Eléctricas 2, se introdujo el uso del Matlab/Simulink, el cual se utiliza para integrar ejemplos, problemas y proyectos de diseño. La filosofía ha sido utilizarlo como herramienta didáctica, con el objetivo que los estudiantes adquieran competencias para el análisis del comportamiento dinámico de las máquinas eléctricas.

Su diseño visual e interactivo, permite variar con facilidad los parámetros y ver de inmediato el impacto que esos cambios tienen sobre el desempeño. Al resolver los ejercicios con los nuevos parámetros, se origina un proceso de autoaprendizaje que refuerza la comprensión de la influencia de las variables involucradas.

La experiencia recogida por los docentes es muy positiva, dado que los trabajos presentados por los estudiantes permitieron verificar ese autoaprendizaje, resultado muy importante en el contexto de una educación basada en competencias (EBC), así como para la inserción laboral de los futuros egresados.

PALABRAS CLAVE

Máquinas, Eléctricas, Simulación, Dinámica.

1. INTRODUCCIÓN

El valor pedagógico de complementar la tradicional presentación matemática del análisis dinámico de las máquinas eléctricas, mediante interfaces gráficas y amigables para el usuario, es considerable. La representación gráfica en función del tiempo de los efectos provocados sobre las variables por la modificación de los parámetros, topología y condiciones iniciales, refuerza el conocimiento matemático y analítico que se pretende para un ingeniero eléctrico moderno.

El presente trabajo describe una de las actividades desarrolladas por los estudiantes al final de la actividad curricular Máquinas Eléctricas 2, que se articula en formato asignatura y forma parte del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA) de la Universidad Nacional de Rosario (UNR). La actividad es cuatrimestral con una carga horaria de 5 horas semanales, siendo en total 80 horas en el cuatrimestre.

Se muestran ejemplos de simulaciones y el análisis de los resultados efectuados por los estudiantes, evidenciando la adquisición de competencias específicas en el área.

2. EL PROBLEMA

La máquina de inducción se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones como un medio para convertir potencia eléctrica en trabajo mecánico. Sin duda es el "caballo" de la industria eléctrica de potencia. Bombas, laminadoras y sistemas montacargas, que eran de las pocas excepciones para la aplicación de los motores de inducción polifásicos

de alta potencia, van dejando de serlo por el advenimiento de los controladores de estado sólido.

En la literatura se demostró que las ecuaciones de tensión que describen el desempeño dinámico de este tipo de máquinas giratorias, dependen de las inductancias mutuas entre estator y rotor. Se determinó que estas inductancias son funciones de la velocidad del rotor, con lo cual los coeficientes de las ecuaciones diferenciales (ecuaciones de tensión) que describen el comportamiento de estas máquinas, son variantes en el tiempo [Krause, Wasynczuk and Sudhoff, 2001], [Ong, 1998].

3. EL MODELADO

Desde las primeras representaciones inicialmente desarrolladas por Blondel y Park [Krause, Wasynczuk and Sudhoff, 2001] se generaron numerosos modelos y, asociados a estos, diversos métodos de determinación de parámetros, inclusive para los mismos rangos de aplicación. De los estudios realizados sobre las máquinas eléctricas es posible delimitar, al menos, dos grandes grupos:

- El modelado para alcanzar una comprensión más detallada del complejo comportamiento electromagnético interno dentro de la máquina (equivalencia interna).
- El modelado para la simulación de este elemento como parte de un sistema más extenso y más complejo (equivalencia externa).

El primer grupo, hoy se encuentra ampliamente explicado desde la perspectiva de los métodos basados en elementos finitos. Estos métodos, permiten una descripción electromagnética muy precisa de cada sección de la máquina, pero requieren de miles de variables y numerosos parámetros para su representación. Por esta razón, los métodos de elementos finitos resultan muy útiles para comprender los fenómenos internos en una etapa de diseño, pero no resultan prácticos cuando se pretenden utilizar en simulaciones de control y mucho menos cuando se analiza la respuesta completa de un sistema de potencia.

El interés de este trabajo se plantea dentro del segundo grupo. El desarrollo de los modelos y los ensayos se focalizan desde la óptica: “la máquina eléctrica como componente de un sistema más complejo” [Cano, 2017].

3.1 El desarrollo del modelo

Para poder realizar una simulación, es imprescindible el desarrollo del modelo de la máquina eléctrica [Cano, 2017], cuyo proceso de obtención puede resumirse mediante el esquema detallado en la figura 1.

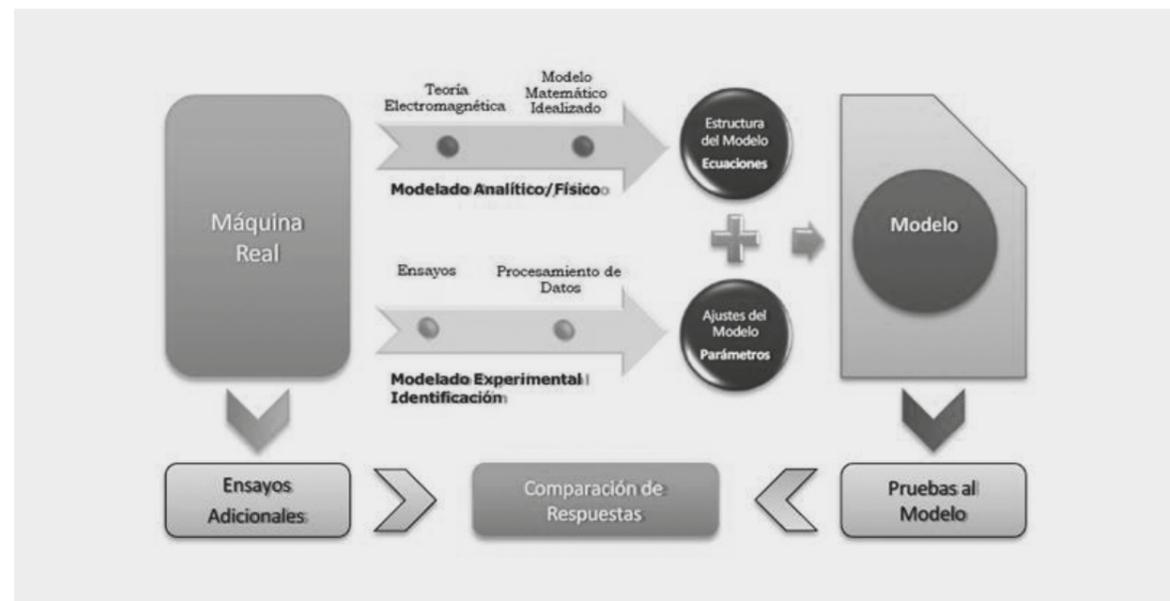


Figura 1. Diagrama de las etapas para obtener y validar el modelo [Cano, 2017].

3.2 El modelo matemático

Dado lo que se comentó en la sección anterior, en cuanto al hecho que algunas de las inductancias de la máquina son funciones de la velocidad del rotor, con lo cual los coeficientes de las ecuaciones diferenciales de tensión son variantes en el tiempo; resulta necesaria la aplicación de alguna herramienta matemática que permita abordar el problema.

Frecuentemente, se utiliza un cambio del sistema de referencia (o de variables) para reducir la complejidad de estas ecuaciones diferenciales. En cierto momento del desarrollo de las máquinas eléctricas se disponía y utilizaban (hasta la actualidad) un importante número de cambios de variables que, originalmente, se trataron matemática y físicamente como si cada uno de ellos fuese diferente de los restantes. Posteriormente, se comprendió que todos los cambios de variables utilizados para transformar las variables reales, están contenidos en un único caso. Esta transformación general, refiere las variables de la máquina a un sistema de referencia que gira con una velocidad angular arbitraria. Todas las transformaciones reales conocidas, se obtienen a partir de esta transformación general por medio de la simple asignación de la velocidad del sistema de referencia [Krause, Wasynczuk and Sudhoff, 2001].

Un cambio de variables que formula la transformación de variables trifásicas de los elementos de un circuito estacionario al sistema arbitrario de referencia, puede expresarse:

$$\mathbf{f}_{qd0s} = \mathbf{K}_s \mathbf{f}_{abcs} \quad (1)$$

$$(\mathbf{f}_{qd0s})^T = [f_{qs} \ f_{ds} \ f_{0s}] \quad (2)$$

$$(\mathbf{f}_{abcs})^T = [f_{as} \ f_{bs} \ f_{cs}] \quad (3)$$

$$\mathbf{K}_s = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos \theta & \cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) \\ \text{sen} \theta & \text{sen}\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & \text{sen}\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\theta = \int_0^t \omega(\xi) d\xi + \theta(0) \quad (5)$$

Donde ξ es una variable auxiliar de integración.

En las ecuaciones anteriores, f puede representar tanto a una tensión, corriente, flujo enlazado, o carga eléctrica. El superíndice T indica la transposición de la matriz. El subíndice s indica las variables, parámetros, y transformaciones asociadas con circuitos estacionarios. El desplazamiento angular θ , debe ser continuo; sin embargo, la velocidad angular asociada con el cambio de variables no está especificada. El sistema de referencia, puede rotar con una velocidad angular constante o variable o puede permanecer estacionario [Krause, Wasynczuk and Sudhoff, 2001].

Aunque la transformación al sistema de referencia arbitrario es un cambio de variables y no necesita una connotación física, con frecuencia es conveniente visualizar las ecuaciones de transformación como relaciones trigonométricas entre las variables, según se muestra en la figura 2.

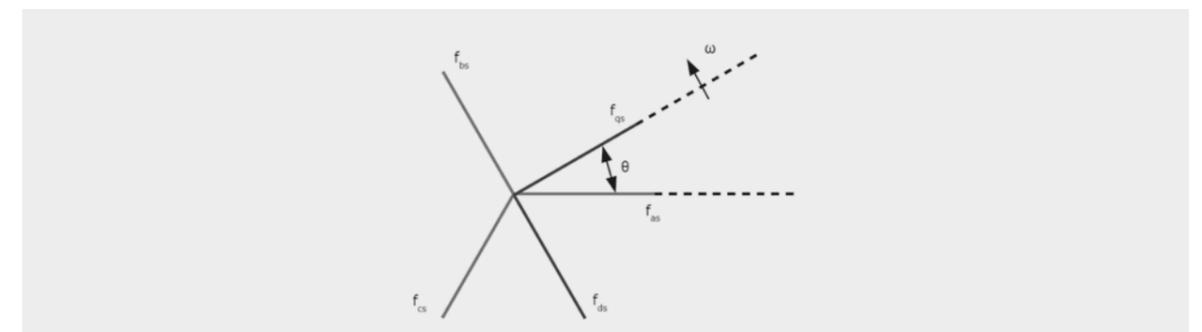


Figura 2. La transformación para circuitos estacionarios representada mediante relaciones trigonométricas [Cano, 2017].

En particular, las ecuaciones de transformación pueden interpretarse como que las variables f_{qs} y f_{ds} están “dirigidas” a lo largo de caminos ortogonales entre sí, que rotan con una velocidad angular ω , mientras que f_{as} , f_{bs} y f_{cs} pueden considerarse como variables ubicadas en direcciones estacionarias, cada una desplazada 120° de la otra. Si f_{as} , f_{bs} y f_{cs} se expresan en función de f_{qs} , se obtiene la primera fila de la ecuación (1), y si f_{as} , f_{bs} y f_{cs} se expresan en función de f_{ds} , se obtiene la segunda fila de la misma ecuación. Es importante notar, que las variables O_s no están asociadas con el sistema de referencia arbitrario, sino que están relacionadas aritméticamente con las variables abc y son independientes de θ . También, es importante no confundir a f_{as} , f_{bs} , y f_{cs} con fasores, ya que se trata de magnitudes instantáneas que pueden ser cualesquiera en función del tiempo [Krause, Wasynczuk and Sudhoff, 2001].

La potencia total expresada en función de las variables qd0, debe ser igual a la potencia total expresada en función de las variables abc, de aquí que:

$$P_{qd0s} = P_{abcs} \\ = \frac{3}{2} (v_{qs} i_{qs} + v_{ds} i_{ds} + 2v_{0s} i_{0s}) \quad (6)$$

3.3 La herramienta didáctica

Actualmente existen programas, utilizados en ámbitos académicos y en empresas, para simular en forma integrada sistemas eléctricos, sistemas de control y sistemas mecánicos. Los programas tienen un entorno gráfico orientado a modelos y no es necesario tener, a priori, un conocimiento detallado del método numérico para la resolución del problema.

En la asignatura Máquinas Eléctricas 2, se optó por utilizar el software Matlab/Simulink [The MathWorks, Inc., 2012], que es un paquete amigable con el usuario y altamente interactivo para el análisis ingenieril, dado que permite la resolución de los problemas relacionados con el análisis del desempeño dinámico de las máquinas eléctricas, mediante la interconexión de bloques funcionales simples. Adicionalmente, los estudiantes ya lo vienen empleando en asignaturas previas y por ende no es necesario un entrenamiento especial para su aplicación.

4. APLICACIÓN A UNA MÁQUINA DE INDUCCIÓN

En la figura 3, se muestra la disposición de los arrollamientos de una máquina simétrica de inducción de 2 polos, 3 fases y conectada en estrella. Los arrollamientos del estator son idénticos, están distribuidos sinusoidalmente, desplazados 120° , y poseen N_s espiras equivalentes y una resistencia r_s . Para los propósitos actuales, los rotóricos también se considerarán como tres arrollamientos idénticos distribuidos sinusoidalmente, desplazados 120° , con N_r espiras equivalentes y resistencia r_r . En la figura 3, se muestra la dirección positiva del eje magnético de cada arrollamiento.

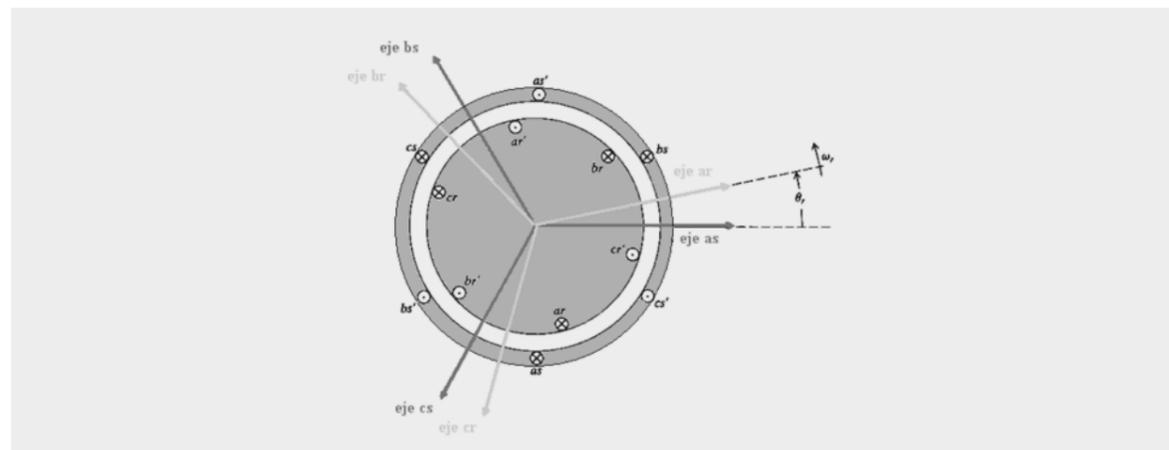


Figura 3. diagrama esquemático de una máquina trifásica simétrica de inducción de 2 polos, conectada en estrella [Cano, 2018].

A primera vista y dado que la mayoría de las máquinas de inducción poseen rotores del tipo jaula de ardilla, puede parecer que la inductancia mutua entre un arrollamiento rotórico uniformemente distribuido y uno estatórico distribuido sinusoidalmente, no podría representarse adecuadamente mediante la descripción general de la figura 3. Sin embargo, en la mayoría de los casos un arrollamiento distribuido uniformemente queda adecuadamente descrito mediante su

componente senoidal fundamental y se representa mediante un arrollamiento trifásico equivalente [Krause, Wasynczuk and Sudhoff, 2001], [Cano, 2018].

Como aplicación de la teoría desarrollada, se muestra el análisis de un motor de Inducción de 300 kW, trabajo que luego dio origen a un proyecto final de ingeniería aplicado al accionamiento de una bomba centrífuga para agua de riego, en el norte de la provincia de Santa Fe [Morra y Regali, 2013].

4.1. Desempeño dinámico en aceleración libre y carga

Para la simulación se utilizan los bloques de la librería de Simulink y SimPowerSistem [The MathWorks, Inc., 2012]. Los bloques principales de este modelo son la máquina asincrónica con rotor jaula de ardilla, la fuente de tensión trifásica, los bloques de medición y conversión de variables, los graficadores y los terminadores. El modelo de bloques puede verse en la figura 4.

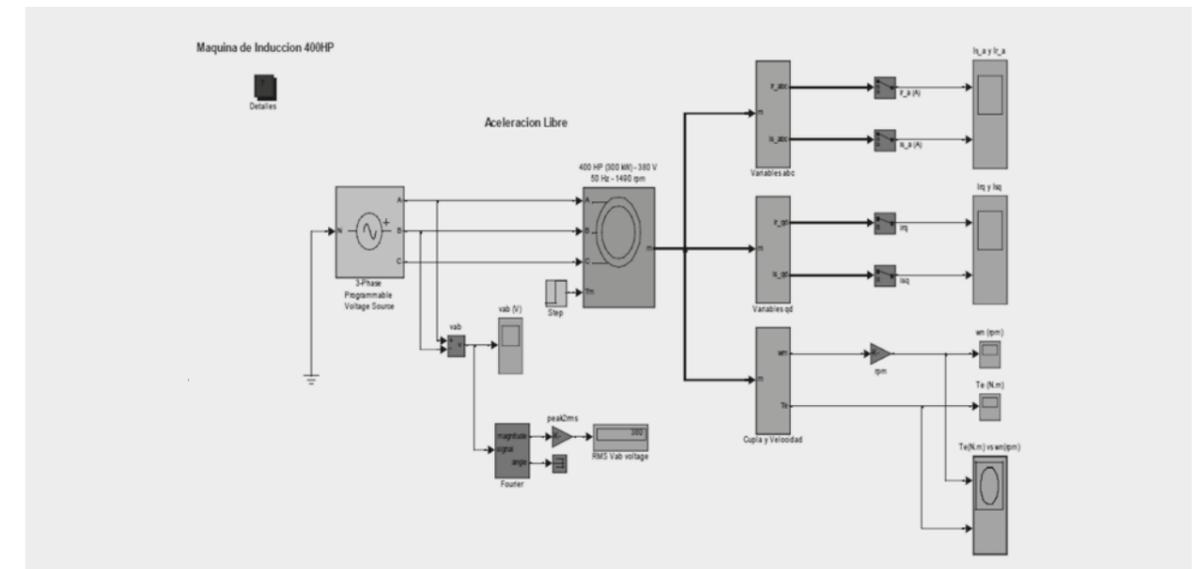


Figura 4. Modelado en Simulink de la característica de aceleración libre [Morra y Regali, 2013].

Una de las características de mayor interés es la evolución dinámica del torque electromagnético en función de la velocidad (figura 5). En este caso, la máquina está inicialmente en reposo, sin carga en el eje y se le aplica la tensión balanceada nominal. También debemos mencionar que en la simulación no se tienen en cuenta las pérdidas por la fricción y la ventilación, por tal motivo, se observa que el motor alcanza la velocidad de sincronismo.

En la figura 5, se pueden ver dos etapas con períodos transitorios notables. Una en el comienzo, cercano a la velocidad cero, donde aparecen grandes oscilaciones que se deben principalmente a los transitorios pertenecientes al estator. La otra etapa, se produce cuando la máquina está cerca de la velocidad de régimen nominal, donde aparece el segundo transitorio, que es atribuible principalmente al rotor.

Dentro de las varias situaciones que pueden analizarse, nos centraremos en aquella que se observa en la gráfica y que indica que existe un rango de velocidad donde el torque de carga supera al estacionario (indicado en la gráfica como intervalo anómalo), por lo cual el motor debería detenerse, situación que no se verifica en la práctica. Sobre esa característica, se pretende que los estudiantes apliquen los conceptos teóricos desarrollados en la asignatura y las previas, con el objetivo de explicar el fenómeno.

Para comprender donde está el “error”, se incentiva a los estudiantes para que busquen información de los fabricantes y efectúen el modelado con los parámetros reales. Luego, deben aplicar los conocimientos de modelado desarrollados a lo largo del curso y obtener las curvas de estado estacionario con parámetros de rotor bloqueado y de plena carga, y la curva característica de la carga accionada, en este caso de tipo cuadrática (figura 6).

A partir de la característica que obtienen se facilita la interpretación, ya que el torque electromagnético real, es una combinación de ambas curvas de estado estacionario (de rotor bloqueado y de plena carga), y puede verse que supera en todo el rango al torque cuadrático de la carga.

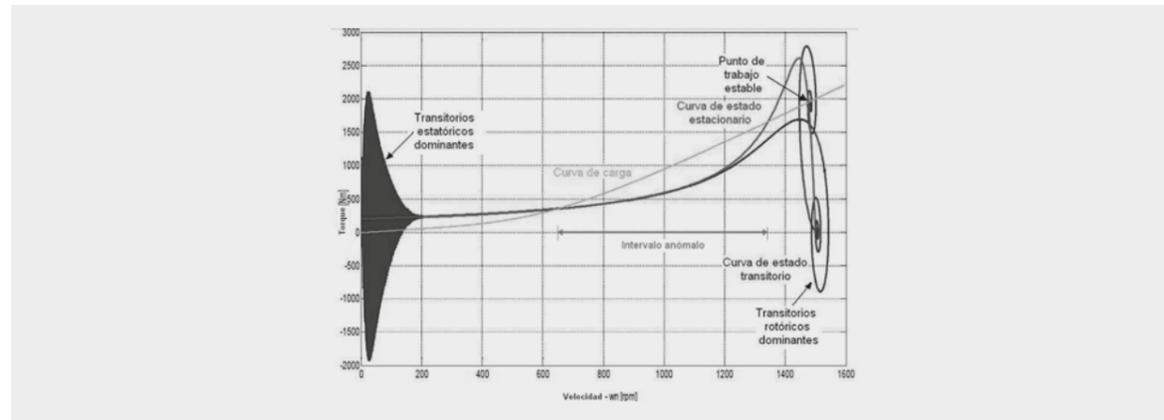


Figura 5. Superposición de las curvas dinámica y estática con la de carga [Morra y Regali, 2013].

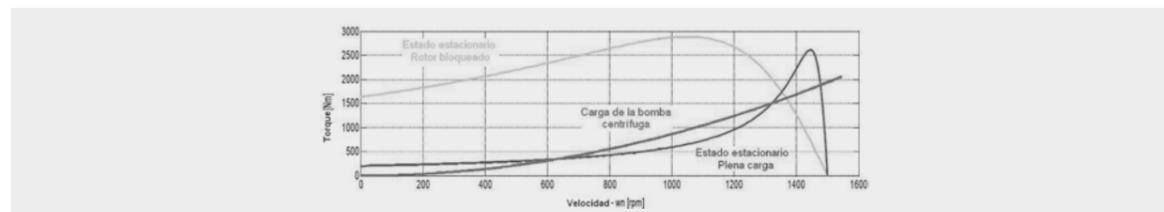


Figura 6. Superposición de las curvas estáticas (de rotor bloqueado y de plena carga) y de carga de la bomba [Morra y Regali, 2013].

5. CONCLUSIONES

La experiencia recogida por los docentes es muy positiva, dado que la realimentación lograda mediante la revisión y la exposición de los trabajos de aplicación presentados por los estudiantes, permitió verificar el autoaprendizaje y la formación de competencias, hechos muy importantes para la posterior inserción laboral de los futuros egresados.

En particular, se pueden mencionar algunas de las conclusiones expresadas en los informes de los estudiantes:

“Por otro lado, el aporte de la simulación fue de gran importancia para comprender como evolucionan las variables eléctricas. Siendo una herramienta de simple utilización que nos brinda la posibilidad de realizar pruebas, que no serían posibles de ensayar en el motor real, sin hacer un gasto importante en recursos”

Es de destacar que las competencias desarrolladas mediante esta metodología, tuvieron su impacto inclusive hasta el nivel de Proyectos de Ingeniería aplicados a la resolución de problemas tecnológicos reales de la región, como el ya mencionado en este artículo.

REFERENCIAS

- Cano, J. (2017)**, Introducción al Modelado de las Máquinas Eléctricas, Rosario: Escuela de Ingeniería Eléctrica, FCEIA, UNR, Argentina.
- Cano, J. (2018)**, Análisis de las Máquinas de Inducción Simétricas, Rosario: Escuela de Ingeniería Eléctrica, FCEIA, UNR, Argentina.
- Krause, P. C., Wasynczuk, O. and Sudhoff, S. D. (2001)**, Analysis of Electric Machinery and Drive Systems, 2º edition, New York: IEEE Press Wiley-Interscience.
- Matlab/Simulink 6.5 (2012)** son marcas registradas por The MathWorks, Inc.
- Morra, S. y Regali, E. (2013)**, Aplicación de Matlab-Simulink al Análisis Dinámico de la Máquina de Inducción, Proyecto de Ingeniería, Rosario: Escuela de Ingeniería Eléctrica, FCEIA, UNR, Argentina.
- Ong, C. M. (1998)**, Dynamic Simulation of Electric Machinery, New York: Prentice Hall PTR, Upper Saddle River.

FORMACIÓN DE CONCEPTOS Y MODELIZACIÓN

Cassan, Rosana; Rosolio, Alejandra; Addad, Ricardo; Lionch, Elena

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura UNR

rcassan@eie.fceia.unr.edu.ar

RESUMEN

La noción de modelo y el proceso de modelización son fundamentales en el desarrollo de las ciencias. En este trabajo se discuten diferentes modelos, su construcción y aplicaciones de los mismos en el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias y la tecnología, específicamente en carreras de ingeniería. Se pone énfasis en la teoría de la construcción de modelos en Física y en algunas estrategias pedagógicas que pueden utilizarse para ayudar a los estudiantes en la construcción de sus aprendizajes, favoreciendo la comprensión del mundo físico a través de la elaboración y el uso de modelos que permitan describir, explicar y predecir distintos fenómenos.

Este enfoque incluye nociones de teoría científica y modelo en ciencia, profundizando el estudio de modelos en cinemática y dinámica, haciendo énfasis en las diferentes etapas del proceso de modelización y su implicancia en la resolución de problemas.

En el proceso de resolución de problemas, la modelización requiere la coordinación e integración de los hechos con las teorías científicas, no debiendo entenderse como una simple o mera recopilación de datos y aplicación de fórmulas matemáticas. Es así que cuando el estudiante logra identificar, construir y explicitar un modelo adecuado, ha comprendido la consigna, y dicho modelo es clave en la resolución del problema.

PALABRAS CLAVE

Física, Modelización, Conceptos, Enseñanza.

1. INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de las ciencias naturales, la gran complejidad del mundo real haría imposible la consideración de todas las características de los objetos involucrados cuando se aborda el estudio de algún fenómeno. Así surge la necesidad de elaborar representaciones simplificadas que incluyan solo la información relevante para dicho estudio. La construcción de tales representaciones es central en el trabajo en ciencias. En las ciencias naturales se denomina modelo a una representación conceptual simplificada de una parte de la realidad, construida con el fin de estudiar ciertos procesos para describir, explicar y hacer predicciones en relación a los mismos. Cada modelo científico se construye con un objetivo determinado y la validez de las predicciones realizadas sobre el sistema y fenómeno en estudio está limitada por el rango de validez del modelo escogido.

Según Hestenes (1987) una teoría científica puede considerarse como un conjunto de principios (o reglas) para la modelización de objetos reales. En este enfoque el concepto de teoría presupone el concepto de modelo, de modo que una teoría científica solo puede relacionarse con la experiencia cuando se la utiliza para construir modelos específicos que puedan compararse con objetos reales. La forma de poner a prueba y validar una teoría es únicamente a través de la validación de los modelos derivados de la misma.

Es usual que en las clases de Física básica universitaria para carreras de ingeniería tanto los docentes como los libros de texto mencionen los modelos utilizados. Sin embargo, no siempre se explicita la forma en que dichos modelos son construidos, de lo que puede suponerse que se da por sobreentendido que el alumno ha comprendido el concepto y puede llevar adelante por sí mismo dicho proceso de modelización. La realidad es que en muchos casos los alumnos terminan de cursar las asignaturas de Física básica sin haber comprendido qué es un modelo físico y cuál es el propósito de los mismos dentro del conocimiento científico.

Desde hace varios años y en el marco de diferentes proyectos de investigación desarrollados dentro del Grupo de Conceptualización en Educación en Ciencias de nuestra Facultad, se ha venido trabajando en cuestiones vinculadas a los procesos de modelización, tanto en la formación de profesores en Física (Massa y Mulhall, 1992), en las argumentaciones de alumnos de Física Básica universitaria acerca de la validez de la aplicación de modelos científicos (D'Amico y Sánchez, 2012) y en el análisis de los modelos situacionales elaborados por estudiantes de Física básica universitaria

en tareas de resolución de problemas (Llonch, Rosolio y Sánchez, 2012; Rosolio, Sánchez y Llonch, 2013). Asimismo se han indagado las primeras ideas acerca de la noción de modelo en Física de estudiantes ingresantes a las carreras de ingeniería de esta Facultad (Cassan, Llonch, Rosolio y Sánchez, 2015). Los resultados de estos trabajos han puesto de manifiesto dificultades conceptuales y limitaciones de los estudiantes en relación a la construcción y aplicación de modelos y la consecuente necesidad de trabajar estas temáticas en el ámbito académico.

En este trabajo se presenta el enfoque que se viene desarrollando en la enseñanza de la Física dentro de la asignatura Física I, en la cual se aborda explícitamente la cuestión de la modelización en los distintos temas a lo largo de la currícula. Desde el punto de vista de las teorías de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, el mismo está centrado en un enfoque constructivista, en el cual el docente actúa como un mediador para ayudar a los estudiantes a construir sus propios aprendizajes (Pozo, 1989).

2. MODELOS DE FENÓMENOS FÍSICOS

En acuerdo con Hestenes (1992), consideramos que es fundamental que los estudiantes logren diferenciar claramente el Mundo Físico, integrado por los objetos y procesos del mundo real, del Mundo Newtoniano, compuesto por los modelos conceptuales representativos de dichos objetos y procesos (Figura 1). Esto no siempre ocurre y en gran parte la responsabilidad es tanto de los docentes como de los libros de texto habituales.

De hecho, no debe sorprender que se crea que las leyes de Newton son inherentes al mundo real y han estado siempre esperando ser descubiertas. Por el contrario, como lo repitió muchas veces Einstein, las leyes de la Física son creaciones libres de la mente humana (Hestenes, 1992).

Si pretendemos que los estudiantes logren un aprendizaje significativo (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983) de la Física básica universitaria, es necesario que se familiaricen con los conceptos del mundo newtoniano, es decir, que comprendan la teoría de Newton de la Mecánica Clásica, antes de poder utilizar dichos conceptos como herramienta para comprender e interpretar el mundo físico. Es decir, cada estudiante debe recrear el mundo newtoniano en su propia mente para poder comprenderlo. Esto implica, desde el punto de vista de las teorías cognitivas del aprendizaje, que los modelos mentales que construyen los estudiantes como formato de las representaciones internas de la información (Johnson-Laird, 1983), deben ser coherentes con los modelos conceptuales de la teoría newtoniana.

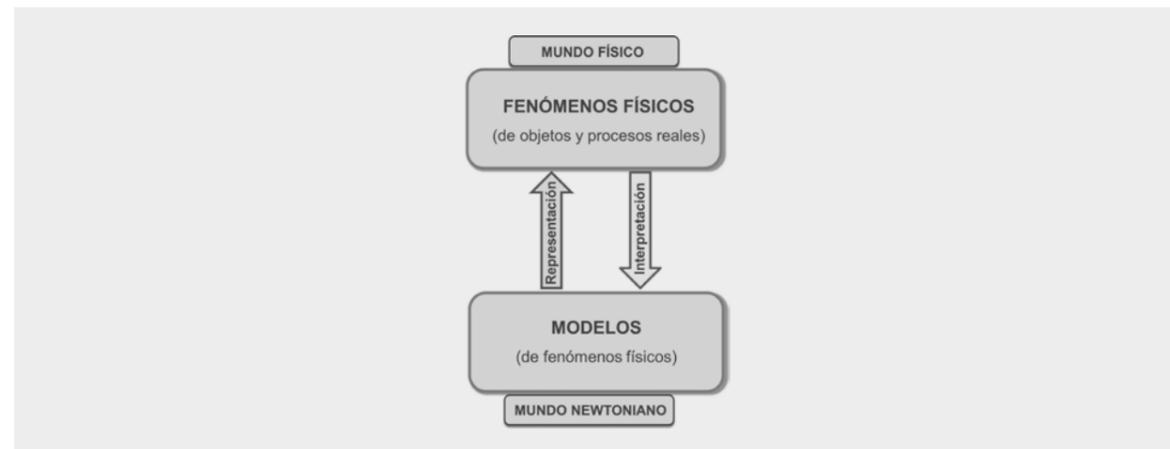


Figura 1. El Mundo Newtoniano es un espacio conceptual que incluye modelos posibles para objetos y procesos reales del Mundo Físico.

3. METODOLOGÍA

La asignatura Física I corresponde al segundo semestre del primer año del ciclo básico de las carreras de ingeniería de esta Facultad, y en ella se desarrollan contenidos de la Mecánica Newtoniana. Durante el semestre previo los estudiantes cursan la asignatura Introducción a la Física, en la cual se les presenta por primera vez, en el ámbito universitario, la noción de modelo en Física.

Durante el cursado de Física I se discuten los conceptos básicos necesarios para encarar las situaciones vinculadas

con los movimientos de los cuerpos reales, introduciendo las variables mecánicas. Asimismo se trabaja en el reconocimiento de las interacciones para luego proceder a construir el marco teórico formal de la Mecánica sustentado en la modelización de los sistemas físicos.

La metodología de enseñanza está basada en la caracterización global de los fenómenos físicos (identificación del sistema de estudio, medio ambiente e interacciones) y en la configuración gradual y progresiva de modelos. De este modo se busca favorecer el cambio conceptual y metodológico de los estudiantes, orientándolos hacia la conformación de criterios profesionales.

Los objetivos que se persiguen con la aplicación de esta metodología son:

- Reflexionar acerca de la estructura del conocimiento científico y del lugar central que los modelos y su validación ocupan dentro de las teorías.
- Favorecer la comprensión del mundo físico mediante la construcción y el uso de modelos científicos para predecir, describir y explicar diferentes fenómenos.
- Analizar dificultades de comprensión que surgen en los estudiantes.
- Facilitar la adquisición de herramientas conceptuales básicas para la modelización de sistemas y procesos físicos incluyendo diferentes tipos de representaciones (matemáticas, esquemáticas o gráficas).
- Tender a la comprensión funcional (conceptual y procedimental) del concepto de modelo en ciencias en general y discutir en profundidad los modelos de partícula y de cuerpo rígido en Mecánica, de modo que los estudiantes se familiaricen con los modelos básicos de uso general en Física.

Durante el desarrollo teórico se abordan algunas situaciones reales vinculadas a la ingeniería, presentando y discutiendo los modelos asociados a las mismas en el marco conceptual de la Mecánica. Asimismo, se enfatiza la importancia de los procesos de modelización como característica inherente a las ciencias fácticas y se analiza dicho proceso a fin de que el estudiante internalice esta construcción. En las clases de resolución de problemas de lápiz y papel, así como en las actividades de laboratorio, se trabaja con modelos de partícula y de sistemas de partículas, hasta llegar al modelo de sólido rígido.

De acuerdo con la estrategia didáctica que presenta Hestenes (1987), el proceso de modelización de una situación física concreta puede dividirse en cuatro etapas:

1. Descripción: debido a que las situaciones problemáticas corresponden al marco de la Mecánica clásica, esta teoría determina fuertemente la etapa descriptiva de la modelización. La primera decisión a tomar al modelizar un objeto es definir si se aplicará el modelo de partícula o el de sistema de partículas, y en este último caso en particular, si se trata de un sólido rígido o un sólido elástico. Asimismo, deben determinarse el sistema de referencia desde el cuál se resolverá la situación, las variables cinemáticas que caracterizan el tipo de movimiento y las variables dinámicas que definen las interacciones del sistema con los cuerpos del medio ambiente. La coherencia entre las componentes de la descripción es un requisito fundamental sobre el que debe hacerse énfasis en las situaciones de enseñanza-aprendizaje.
2. Formulación: consiste en definir las condiciones iniciales necesarias para la resolución del problema así como en aplicar las leyes físicas de movimiento y de interacción. Esto permitirá obtener las ecuaciones de movimiento definidas para el objeto y fenómeno modelizado, incluyendo las condiciones de vínculo.
3. Aplicación: en esta etapa se procede a resolver las ecuaciones de movimiento elaboradas en la etapa anterior, a fin de obtener la ley de movimiento del sistema en estudio.
4. Validación: consiste en el análisis de los límites de validez del modelo físico adoptado y en la evaluación de la razonabilidad de los resultados obtenidos. Asimismo, en el desarrollo de las clases de Física I se enfatiza la importancia de realizar un análisis dimensional de las magnitudes físicas involucradas en los resultados, puesto que este análisis puede poner de manifiesto algún error que se haya cometido durante la resolución.

En las materias correspondientes al ciclo básico de las carreras de ingeniería, como lo es Física I, consideramos que es fundamental destinar suficientes horas de clase a discutir la importancia del proceso de modelización y dentro de éste a la etapa descriptiva. En particular, se observa tanto en algunos libros de texto de uso generalizado, así como en las

clases tradicionales que se desarrollan en el aula una falencia en este sentido, al ser generalmente mencionado y/o tratado en forma breve, sin reconocer la importancia que reviste la construcción de un modelo inicial en la comprensión de la situación a resolver. Para muchos docentes las decisiones que se adoptan en la construcción de este modelo inicial parecerían ser naturales, hecho que los lleva a no ser conscientes de las dificultades que experimentan los estudiantes en su elaboración.

En el siguiente párrafo se presenta un ejemplo del estilo de los problemas que se resuelven en clase en el marco de la cátedra de Física I. En él se discute como elaborar el pasaje de una situación que involucra objetos y procesos del mundo físico (real) al modelo de dicha situación en el mundo newtoniano mediante el proceso de modelización anteriormente desarrollado, mostrando el desglose de dicho proceso en las etapas detalladas anteriormente.

4. EJEMPLO DE APLICACIÓN

La situación que presentamos en este trabajo está incluida en las actividades prácticas de clase e involucra el diseño de una cinta transportadora destinada a trasladar cajas que contienen distintos elementos desde un nivel a otro en un depósito. A fin de encarar la resolución es necesario identificar el sistema en estudio, los cuerpos del medio ambiente inmediato, las interacciones relevantes y los posibles estados de movimiento del sistema. A continuación se incluye un gráfico figurativo de la situación (Figura 2)



Figura 2. Gráfico correspondiente a la situación problemática a modelizar: una cinta transportadora.

La etapa de descripción consiste en identificar y seleccionar las variables descriptivas del fenómeno a estudiar. Para ello los estudiantes se interiorizan en las características del proceso real, surgiendo como primera condición el reposo relativo de la caja respecto a la cinta y, en el régimen de trabajo del sistema de elevación, se adopta un movimiento con velocidad constante. Asimismo, definen otras variables no presentadas explícitamente en el enunciado por tratarse, como se dijera anteriormente, del *diseño* de la cinta transportadora; esto lleva a adoptar criterios que se entrelazan entre sí, como el ángulo de inclinación de la cinta que está limitado por las características de las superficies en contacto (caja-cinta) para lograr la condición de reposo relativo. Otro aspecto es considerar a la cinta como una superficie plana, sin tener en cuenta la deformación relacionada con el efecto producido por la masa y/o la forma de caja.

Reconocidas las variables ángulo de inclinación, velocidad y aceleración de la cinta, características físicas de las superficies en contacto, masa de la caja, y movimiento relativo entre la caja y la cinta, el tipo de movimiento de los objetos determina el modelo físico a adoptar para los mismos. En este caso, al tratarse de un movimiento de traslación se adopta el modelo de partícula para la caja, considerando que la cinta no sufre deformaciones al colocar la caja sobre ella. La Figura 3 muestra un esquema simplificado de la situación.

En cuanto a la elección del sistema de referencia se consideran distintas posibilidades, por ejemplo un sistema inercial fijo al depósito en el que se encuentra la cinta, o un sistema que se mueva solidario a ella. En este último caso dicho sistema será inercial o no inercial, dependiendo de si la cinta se mueve con velocidad constante o variable. Ahora estamos en condiciones de identificar las interacciones presentes en un diagrama de interacción (Rosolio, Sanchez, Llonch y Cassan, 2016), para luego construir el diagrama de cuerpo libre correspondiente en el que se incluyen las fuerzas de interacción y además las fuerzas ficticias en el caso que se resuelva desde un sistema de referencia no inercial.

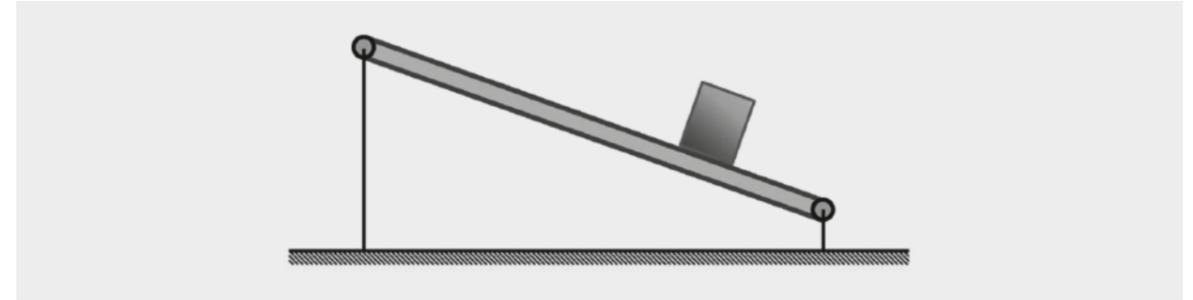


Figura 3. Esquema simplificado de la situación problemática.

En la etapa de aplicación se resuelven las ecuaciones formuladas en la etapa anterior para obtener los resultados correspondientes a la situación en estudio. Por ejemplo, para este problema en particular, determinar la velocidad de la cinta para luego completar el diseño.

Finalmente, el último paso, en el cual no siempre se reflexiona en libros de texto o en el desarrollo de clases tradicionales, es la etapa de validación en la que se discuten la coherencia y/o la viabilidad de los resultados obtenidos: direcciones y sentidos de las magnitudes vectoriales, análisis dimensional, límites de validez del modelo utilizado, factibilidad del diseño requerido.

5. REFLEXIONES FINALES

En este trabajo mostramos la necesidad de cambiar la actitud de los estudiantes en cuanto a las estrategias que ponen en juego al resolver un problema, pasando de aquellas puramente automáticas en las que aplican procedimientos memorizados, a otras en las cuales reflexionen sobre los objetos involucrados, las condiciones de movimiento, las interacciones, la aplicación de los principios y leyes de la mecánica newtoniana a fin de elaborar un modelo coherente.

Se propone que las clases prácticas estén orientadas a reforzar la concepción de que el proceso central en las ciencias naturales, y en particular en Física, es la elaboración y validación de modelos de los distintos fenómenos de la naturaleza que permitan describir, explicar y predecir los mismos.

REFERENCIAS

- Ausubel, D. Novak, J. y Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Editorial Trillas.
- Cassan, R., Llonch, E., Rosolio, A., Sánchez, P. (2015). Ideas de alumnos ingresantes a la universidad acerca de los modelos en Física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27 (Número extra), pp. 141-150.
- D'Amico, H. y Sánchez, P. (2012). Argumentación, modelos mentales y estructura conceptual, *Memorias XI Simposio de Investigación en Educación en Física*. Esquel, pp. 377-386.
- Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics*, 55 (5), pp. 440-454.
- Hestenes, D. (1992). Modeling games in the Newtonian World. *American Journal of Physics*, 60 (8), pp. 732-748.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental Models*. Cambridge: Editorial University Press.
- Llonch, E., Rosolio, A. y Sánchez, P. (2012). Comprensión y modelización en la resolución de un problema de Dinámica. *Memorias del XI Simposio de Investigación en Educación en Física*. Esquel, pp. 125-134.
- Massa, M. y Mulhall, W. (1992). El esquema de los tres espacios como base para generar la estructura conceptual de una teoría física II, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 9 (3), pp. 201-208.
- Pozo J. I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Editorial Morata.

Rosolio, A., Sánchez, P. y Llonch, E. (2013). Movimiento conjunto: diagramas de fuerzas y modelos mentales. Memorias de la XVIII Reunión Nacional de Educación en Física. Catamarca, pp. 1289-1306.

Rosolio A., Sanchez P, Llonch E., Cassan R. (2016). Los diagramas de interacción en la enseñanza de la física básica universitaria. IV Jornada de Experiencias Innovadoras en Educación en la FCEIA - Publicación de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Rosario: Editorial Asociación de Profesores de la FCEIA, UNR, pp. 95-99.

UN TALLER DE ÁLGEBRA LINEAL PARA ALUMNOS EN CONDICIÓN INTERMEDIA. UNA EXPERIENCIA INNOVADORA.

Cienciardo, Cintia G.; Katz, Raúl D.; Semitiel, José A.

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura UNR

semitiel@fceia.unr.edu.ar

RESUMEN

En este trabajo se describe una experiencia realizada con alumnos de la asignatura Álgebra Lineal, que se encontraban en condición intermedia. A partir de un trabajo organizado en un taller y en el marco de una metodología participativa en la que predominó el aprendizaje por sobre la enseñanza, los estudiantes tuvieron suficientes oportunidades y tiempo para leer, explorar, preguntar, hacer observaciones, argumentar, tomar caminos equivocados, repetir experiencias hasta lograr comprender las ideas fundamentales. De este modo, los estudiantes en condición intermedia lograron aprender y acreditar, en un marco de una evaluación no solo sumativa sino fundamentalmente continua y formativa, una asignatura que ofrece dificultades por su elevado grado de abstracción y formalismo.

PALABRAS CLAVE

Taller de álgebra lineal, Condición intermedia, Guías de aprendizajes, Evaluación para el aprendizaje.

1. INTRODUCCIÓN

El Álgebra Lineal es una herramienta matemática requerida por diferentes áreas de la ingeniería, que facilita la modelización y simplifica los cálculos, en el estudio del comportamiento de sistemas complejos.

El principal objetivo del curso de Algebra Lineal, en carreras de ingeniería, es brindar a los estudiantes los conocimientos básicos que aplicarán posteriormente en las diferentes especialidades. El mismo, se desarrolla a partir del estudio de los sistemas de ecuaciones lineales. Surgen así las matrices como un medio conciso para representar las relaciones entre las variables implicadas en las ecuaciones. De este modo el estudio de los sistemas de ecuaciones se traslada a operaciones sobre matrices, que en definitiva no solo brindan información acerca de la compatibilidad, o no, del sistema, sino también acerca de "la cantidad de soluciones".

El estudio general de los espacios vectoriales, que implica definir los vectores y sus operaciones de manera abstracta, toma como referencia no solo al modelo de los vectores como segmentos orientados, sino también se nutre de la experiencia geométrica con \mathbb{R}^2 y \mathbb{R}^3 , más aún, \mathbb{R}^n se torna en un caso particular. Desde esta perspectiva más general los vectores pueden estar representando a funciones y éstas, a señales de entrada y de salida de un sistema de control. Pero no solo importa representar con vectores objetos de interés en las aplicaciones, sino también interesa conocer cómo se transforman dichos objetos. En numerosas situaciones esas transformaciones son lineales, en el sentido de que la suma de dos entradas se transforma en la suma de sus salidas individuales y un múltiplo de una entrada se transforma en ese múltiplo de su salida. La representación de dichas transformaciones lineales es matricial. Finalmente se introducen los conceptos de autovalores y autovectores asociados a una matriz cuadrada con el objeto de diagonalizar matrices asociadas a transformacionales lineales. Una matriz diagonal ofrece muchas características sobre cómo es la transformación, y a la hora de realizar cálculos es más fácil hallar el transformado de cualquier vector.

En el Algebra Lineal se conjugan dos facetas fundamentales de la Matemática: la abstracción y la aplicación. En nuestro curso el énfasis está puesto en la comprensión de los conceptos, mientras que las aplicaciones se dejan prioritariamente para el ciclo superior, donde los conceptos son utilizados desde diferentes perspectivas, atendiendo a las necesidades de cada especialidad.

2. ASPECTOS DEL PROCESO DE ENSEÑANZA Y DE APRENDIZAJE DEL ÁLGEBRA LINEAL EN LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA DE LA ESCUELA DE FORMACIÓN BÁSICA

Esta asignatura corresponde al segundo o al tercer semestre, según la especialidad, del bloque Ciencias Básicas de

carreras de ingeniería, con una carga horaria de seis horas semanales, distribuidas en tres días de dos horas cada uno. Los alumnos se distribuyen en seis comisiones, tres por la mañana, dos por la tarde y una por la noche. Cada comisión tiene en promedio ochenta alumnos, y cuenta con un Profesor y dos Auxiliares o Jefe de Trabajos Prácticos.

Los alumnos cursan en simultáneo, por lo general, otras cuatro asignaturas, con una carga horaria semanal de veinticinco horas aproximadamente.

Las actividades se desarrollan siguiendo los lineamientos del libro Fundamentos de Álgebra Lineal, cuyos autores son R. Larson y D. Falvo. Asimismo, los estudiantes cuentan con una guía indicativa de los ejercicios seleccionados del libro de texto, que se complementan con otros ejercicios más complejos, tendientes a relacionar los conceptos y técnicas del Álgebra Lineal o transferir y aplicar los conocimientos a situaciones nuevas.

Las clases alternan instancias expositivas con actividades que pueden ser abordadas en forma individual o grupal. En las mismas se propicia el planteo de interrogantes, la contrastación de diferentes propuestas. Se considera que esta forma de trabajo ofrece al docente interesantes elementos para actuar didácticamente y contribuir a la superación de las dificultades que se identifican, redundando en beneficio del aprendizaje de los estudiantes.

En el marco de una evaluación predominantemente sumativa, durante el cuatrimestre se realizan tres evaluaciones parciales de tipo práctico-conceptual que comprenden la resolución de ejercicios, cuyas soluciones deben ser fundamentadas a la luz de la teoría, utilizando una terminología y notación apropiada. Se contempla, además, la posibilidad de instancias complementarias y orales sobre lo escrito.

El alumno que aprueba las tres evaluaciones parciales realiza en la última semana de clase o en cualquiera de las mesas de exámenes un coloquio final integrador. Si lo aprueba acredita Álgebra Lineal, si no lo aprueba quedará en condición intermedia, debiendo repetir en las mesas de exámenes la instancia del coloquio integrador, con el agregado de lo que le indique el docente, en función de las debilidades o dificultades encontradas. Se considera que el coloquio final integrador junto con toda la información recogida a través de las evaluaciones parciales y la evaluación formativa, desarrollada durante todo el cuatrimestre, constituyen suficientes elementos objetivos para decidir en relación a la promoción o acreditación de la asignatura.

Los resultados de las evaluaciones muestran que en promedio, durante el período 2015-2016, el 35% de los alumnos que iniciaron el cursado acreditaron la asignatura al final del turno de examen correspondiente, mientras que un 20% alcanzó la condición intermedia. En su mayoría se trata de estudiantes que no pudieron completar satisfactoriamente el coloquio integrador en el transcurso de las mesas de examen. Se considera que los alumnos en condición intermedia alcanzaron ciertos conocimientos y habilidades que justifican el no recursado, pero que requieren profundizar en las ideas fundamentales de la asignatura.

3. QUÉ REPORTAN LAS INVESTIGACIONES SOBRE EL APRENDIZAJE DEL ÁLGEBRA LINEAL

Algunas investigaciones dedicadas al problema del aprendizaje del Álgebra Lineal reportan que, entre las diversas dificultades que un estudiante enfrenta se encuentra la variedad de lenguajes y representaciones semióticas con los que se estudian los objetos del Álgebra Lineal. Entre esos lenguajes están: el lenguaje geométrico de \mathbb{R}^2 y \mathbb{R}^3 , el lenguaje algebraico de \mathbb{R}^n y el lenguaje abstracto correspondiente a la teoría general abstracta del álgebra lineal (Hillel, 2000). Para el desarrollo de dichos lenguajes, Sierpinska (2000) define tres modos de pensamientos: el sintético-geométrico, donde los objetos de pensamiento son más accesibles por cuanto se relacionan con el modo geométrico; el analítico-aritmético, donde los objetos de pensamiento surgen de definiciones o propiedades y está basado en el estudio de \mathbb{R}^n ; y el analítico-estructural, relacionado con la estructuración en un sistema axiomático. Asimismo sostiene que cada uno es útil en su propio contexto y para distintos propósitos, y que para la comprensión del Álgebra Lineal resulta importante establecer interacciones entre los mismos. No obstante, observa que, por lo general, los estudiantes no son capaces de utilizarlos de forma flexible.

Por su parte, Dorier (2002) encuentra en la epistemología del Álgebra Lineal que la axiomatización es útil para agrupar los conceptos en una gran teoría central mediante la reconstrucción de los métodos de solución de problemas, pero que en realidad la solución de muchos de los problemas del Álgebra Lineal puede ser encontrada de forma operacional sin usar la teoría axiomática.

En otro sentido, Carlson (2004) se refiere a dificultades conceptuales relacionadas con la lógica simbólica, por cuanto los estudiantes no tienen un buen manejo de los cuantificadores, y otras relacionadas con las definiciones, por cuanto los estudiantes suelen no distinguir una definición de un enunciado que involucra una implicación. Todas estas dificul-

tades vinculadas al carácter formal del Álgebra Lineal, que se conocen con el nombre de obstáculos del formalismo, generan, en algunos estudiantes, un estilo de aprendizaje memorístico. Una solución a este problema sería dejar de enseñar la teoría axiomática de espacios vectoriales en estos niveles (Hillel, 2000). Sin embargo, están quienes creen importante introducir cuanto antes el lenguaje formal, siempre y cuando sea abordado adecuadamente.

Algunas de las propuestas didácticas que se han hecho para la enseñanza del Álgebra Lineal sugieren la implementación de prácticas pedagógicas en las que el aprendizaje se da en forma de un ciclo que articule los lenguajes como modos de pensamiento necesarios para que un estudiante entienda los conceptos. Sierpinska, Trgalova, Hillel y Dreyfus (Sierpinska et al, 1999) proponen algunos modelos de enseñanza-aprendizaje del Álgebra Lineal siguiendo las siguientes etapas: la adquisición de conceptos por medio de modelos geométricos de espacios y subespacios vectoriales; la redefinición de esos modelos vistos en \mathbb{R} , \mathbb{R}^2 y \mathbb{R}^3 al espacio \mathbb{R}^n , para finalmente generalizar a espacios vectoriales más abstractos. La idea es ayudar a los estudiantes a desarrollar el modo de pensamiento analítico mediante la enseñanza de conceptos como vector, transformación lineal y valores propios partiendo del uso de objetos geométricos y el diseño de una secuencia de experimentos de enseñanza-aprendizaje conceptual usando una herramienta computacional para la exploración.

4. NUESTRAS OBSERVACIONES Y CONSIDERACIONES

Si bien los lineamientos de la bibliografía que utilizamos responde al modelo de enseñanza - aprendizaje que proponen los referentes anteriormente mencionados, y nuestras propuestas didácticas se sustentan en un marcado énfasis en lo geométrico, por entender que muchas ideas del Álgebra Lineal se comprenden mejor cuando media una interpretación geométrica, también consideramos que otros factores de contexto como lo son: la suspensión de actividades por distintos motivos, las superposiciones horarias de cursado, en ocasiones generada por la misma decisión de algunos alumnos, comisiones muy numerosas, etc. constituyen circunstancias que, además de las dificultades señaladas en las investigaciones dedicadas al aprendizaje del Álgebra Lineal, conspiran contra su buen desempeño en una asignatura con un alto nivel de abstracción que requiere una maduración de pensamiento y una evolución de los puntos de vista, en tiempos muy limitados.

También observamos que, en algunos casos, los alumnos responden correctamente a una pregunta; sin embargo, cuando realizamos un sondeo más exhaustivo encontramos que aplican correctamente un procedimiento sin haber reflexionado fehacientemente acerca de los conceptos subyacentes o implícitos en dicho procedimiento. A modo de ejemplo, cuando tienen que estudiar, a partir de la definición, si $\{1+x, 1+x^2, x+x^2\}$ es o no un conjunto linealmente independiente en P_2 , espacio de los polinomios de grado menor o igual a dos, directamente reducen una matriz, donde las primeras tres columnas son las componentes de los vectores dados en la base estándar de P_2 , y la cuarta una columna de ceros. Si bien deciden correctamente según la cantidad de pivotes iguales a 1, cuando son interrogados sobre el porqué del procedimiento aplicado no hacen referencia a la definición que implica: plantear una combinación lineal de los vectores igualada al elemento neutro de la suma en el espacio P_2 , aplicar la definición de igualdad de polinomios, obtener un sistema homogéneo y luego otro equivalente a partir de la reducción de la matriz ampliada, para finalmente escribir el conjunto solución y decidir sobre la dependencia o independencia lineal.

Interpretamos que sus estrategias cognitivas no responden a un procesamiento profundo, que requiere de un planteo, desarrollo, cálculo, verificación e interpretación de los resultados. Más bien se limitan a una estrategia de procesamiento superficial, caracterizada por una repetición rutinaria sin la debida reflexión acerca de lo que hacen. Esta economía cognitiva, que consideramos no es impulsada desde lo didáctico, y que se observa fundamentalmente entre los alumnos que re-cursan o quedan en condición intermedia, nos llevó a buscar alternativas y actuar sobre las formas en que algunos estudiantes organizan su estudio. Asimismo, la experiencia nos indica que un importante porcentaje de los alumnos, que se encuentran en condición intermedia, demoran más de seis meses en su presentación a examen, cuando lo realmente conveniente sería hacerlo ni bien alcanzan la condición. En estos casos se observan pocos avances en sus conocimientos y se repiten las falencias señaladas. Atendiendo a esta coyuntura se evaluó la posibilidad de implementar un taller, con la expectativa de qué, con algunas innovaciones en la organización de la clase se lograrían mejores aprendizajes y consecuentemente mejores resultados.

5. ORIENTACIONES QUE GUIARON LA PLANIFICACIÓN DEL TALLER

Se consideró que el trabajo con los estudiantes en condición intermedia debía responder a una metodología participativa, en el marco de una Pedagogía donde el conocimiento se produce fundamentalmente en respuestas a preguntas. Por tal razón se organizó un taller de Álgebra Lineal, durante el segundo cuatrimestre de 2016, con las siguientes orientaciones:

- Involucrar activamente a los estudiantes.

- Propiciar discusiones grupales alrededor de tareas planificadas para obtener evidencias sobre el nivel de comprensión alcanzado.
- Prestar atención a las ideas preexistentes.
- Valorar el lenguaje preciso tanto escrito como oral en cada etapa del aprendizaje.
- Implementar “evaluaciones para el aprendizaje”, una manera de saber si lo que se ha enseñado fue aprendido; y a través de las mismas identificar las necesidades de los estudiantes para ajustar la enseñanza; y donde lo importante son las decisiones acerca de los próximos pasos para que la instrucción resulte mejor.
- Aprender a partir de los errores que se observan en las elaboraciones de los estudiantes.
- Proveer retroalimentación en función de los emergentes del taller.

Si bien estas orientaciones también guían el proceso de enseñanza que imparten los docentes en el dictado tradicional, en el caso del taller se fijó como un requerimiento la asistencia obligatoria, debiendo ser la misma, no inferior al 75%. Más aún, en ocasiones se postergaron encuentros atendiendo a las necesidades de los alumnos.

6. ORGANIZACIÓN Y DESARROLLO DEL TALLER

Los alumnos en condición intermedia fueron convocados a una reunión donde se les ofreció la posibilidad de aprobar la asignatura a través de un trabajo en taller. Se acordó el horario y se explicitaron las reglas en relación a las situaciones de enseñanza y de aprendizaje. Se previeron doce encuentros, uno por semana, con una carga horaria de dos horas y media, estableciéndose como requisito la asistencia a por lo menos nueve de los doce encuentros.

Se diseñaron guías de aprendizaje las que se constituyeron en el instrumento para la organización del trabajo, tanto en el ámbito del taller como fuera del mismo. Entre otras actividades se formularon propuestas a realizar de un encuentro al siguiente, algunas de ellas relacionadas con los errores más frecuentes que se observaron en las distintas instancias de evaluación de la asignatura. Algunas de ellas se abordaron en forma grupal. En ese contexto de diálogo permanente y de socialización de las experiencias se generaron discusiones, donde quedaron explicitadas las dificultades y se hicieron visibles algunos errores. En función de los mismos, el docente formuló nuevas propuestas o interrogantes, que obligaran al alumno revisar saberes previos y establecer las relaciones necesarias hasta alcanzar la comprensión de sus errores. A modo de ejemplo, en una actividad un grupo de alumnos incluyó el vector nulo en una base de autovectores, sin embargo, cuando se los interroga no desconocen que todo conjunto que incluye el vector nulo es linealmente dependiente.

En el marco de una evaluación continua y formativa, más la información de una evaluación final e individual, se dispuso de suficientes elementos para la emisión de un juicio de valor para la acreditación.

En lo que sigue se muestra, a modo de ejemplo, una actividad que se relaciona con el concepto de independencia lineal y una breve fundamentación de la misma.

Se desea estudiar si el conjunto $B = \{1+x, 1+x^2, x+x^2\}$ es un conjunto linealmente independiente del espacio vectorial P_2 . Responda a cada una de las siguientes propuestas:

- ¿Cuándo un conjunto de vectores $\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ de un espacio vectorial V se dice que es linealmente independiente?
- Particularice la definición al caso del conjunto B y al espacio P_2 dados.
- En el punto b), ¿qué representa el segundo miembro de la ecuación planteada?
- Explique por qué la resolución del ítem b) implica estudiar el conjunto solución de un sistema de ecuaciones lineales homogéneo.
- Cuando reduce la matriz de los coeficientes de las incógnitas, está buscando la matriz de coeficientes de las incógnitas de un sistema equivalente.
 - Explique qué significa que dos sistemas de ecuaciones lineales son equivalentes.
 - Enuncie las transformaciones sobre las ecuaciones de un sistema que está aplicando.
 - Escriba el sistema equivalente.
- Expresar el conjunto solución del sistema obtenido y decida si B es o no linealmente independiente.

La actividad propuesta de este modo obliga al estudiante a reflexionar sobre cada acción, a que relacione cada procedimiento con las propiedades o definiciones que lo avalan. Cuando la propuesta se restringe simplemente a pedir que determine, aplicando la definición, si el conjunto $B = \{1+x, 1+x^2, x+x^2\}$ es o no linealmente independiente, el estudiante por lo general, aplica directamente el algoritmo de síntesis sugerido por el texto que consiste en reducir la matriz:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

y decidir, según aparezca o no una fila cero, si el conjunto B es o no linealmente independiente.

Esto no sería objetable siempre y cuando el estudiante haya reflexionado sobre cada etapa del procedimiento que conduce a dicho algoritmo, estableciendo un puente entre la teoría y la práctica. Sin embargo, cuando los alumnos eran interrogados al respecto, encontrábamos que esas reflexiones estaban ausentes. En cambio, a partir de las orientaciones del taller con la exigencia de asistencia y participación continua, y el trabajo con guías que incluyen propuestas más pautadas, se logró soslayar esas omisiones, a favor de un aprendizaje más relevante.

7. REFLEXIONES FINALES

Nadie desconoce que el factor tiempo es un importante recurso para el proceso de enseñanza y aprendizaje, pero a su vez una limitación del mismo. Los alumnos que participaron del taller traían la experiencia del trabajo de todo un cuatrimestre, y la condición intermedia que habían alcanzado era un indicador del logro de algunos conocimientos y habilidades. Pero para que éstos quedaran arraigados en su estructura cognitiva, se requería una mayor profundización. La organización del taller partió de los supuestos de que se necesitaban otros tiempos para explorar, observar, tomar caminos equivocados, repetir experiencias; tiempo para preguntar, leer y argumentar. Las orientaciones del taller atendieron a esas necesidades. El planteo de tareas con propuestas más pautadas fueron determinantes de algunos logros alcanzados. En ocasiones, la comprensión de algunas propiedades se conseguía cuando se transitaba de una situación particular hacia la generalización.

En el Cuadro 1 se muestran resultados estadísticos del taller.

AÑO	ALUMNOS QUE ASISTIERON	ALUMNOS QUE APROBARON
2016	47	40 (85%)

Cuadro 1. Resultados estadísticos del Taller.

Por otra parte, de los 40 alumnos que aprobaron el taller, 29 de ellos asistieron al 100% de los encuentros previstos, 5 asistieron al 83% y los 6 restantes al 75%. Los 7 alumnos que no lo aprobaron abandonaron el mismo después del quinto encuentro habiendo sido, hasta entonces, su asistencia discontinua con retiros antes de finalizar las actividades propuestas.

En lo que sigue mostramos algunas opiniones de los alumnos, registrados a través de una encuesta, que muestran su satisfacción con el desarrollo del taller, no solo por haber logrado la acreditación de Álgebra Lineal, sino también por encontrar realizadas sus expectativas y haber percibido una evolución progresiva de sus aprendizajes.

- “Creo que pude entender todos los conceptos y ya estoy haciendo materias donde prueba haber sido útil”.
- “Hay temas que los entendí bien al final, cuando en verdad los debería haber entendido para los parciales de práctica”.
- “Con la cursada no terminé de aprender los conceptos. Aprobé los parciales, pero necesité de tiempo para entender más a fondo. Estudiando por mi cuenta hubiese tenido que usar más tiempo y esfuerzo para lograr un resultado similar”.

Para terminar, merece señalarse que, si bien las condiciones en que se desarrolló el taller tienen diferencias con el cursado tradicional, la experiencia del taller aportó nuevos elementos para mejorar nuestra práctica docente.

REFERENCIAS

- Carlson, D. (2004).** The Teaching and Learning of Tertiary Algebra. The Future of the Teaching and Learning of Algebra, 8, pp. 293-309.
- Dorier, J. (2002).** Teaching Linear Algebra at University. Proceedings of the ICM, pp. 875-884.
- Hillel, J. (2000).** Modes of Description and the Problem of Representation in Linear Algebra. On the teaching of linear algebra, pp. 191-208.
- Sierpiska A., Trgalova J., Hillel J. y Dreyfus T. (1999).** Teaching and Learning Linear Algebra with Cabri. Proceedings of PME 23, 1, pp. 119-134.
- Sierpiska, A. (2000).** On Some Aspects of Students' Thinking in Linear Algebra, On the teaching of linear algebra, pp. 209-246.

INCORPORACIÓN EN LA PRÁCTICA DIDÁCTICA DE TÉCNICAS DE HARDWARE-IN-THE-LOOP PARA VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DE SISTEMAS DIGITALES

Corti, Rosa; Martínez, Roberto; Belmonte, Javier; Pistarelli, Marcelo; Vecchio, Juan

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura UNR

rcorti@fceia.unr.edu.ar

RESUMEN

En las currículas del Área Digital de las carreras de Ingeniería Electrónica se enfatizan las metodologías utilizadas para el análisis, modelización y síntesis de sistemas. Sin embargo, la industria moderna, incorpora una variedad de herramientas de Verificación y Validación (V&V) que, muchas veces, no están disponibles en la academia. Hardware-in-the-Loop (HIL) es una herramienta para V&V que conecta el sistema físico bajo ensayo con una planta virtual y permite simulaciones en tiempo real. Este trabajo describe la experiencia académica en una asignatura electiva de Ingeniería Electrónica, donde se han incluido técnicas HIL en prácticas de laboratorio. Los alumnos ensayan los sistemas desarrollados, aun cuando los bancos de prueba físicos (planta/fábrica) no estén disponibles. Se incorpora así, en la práctica didáctica, el contexto de justificación –Reichenbach– concientizando a los estudiantes respecto de los mecanismos de validación y justificación del conocimiento en el ambiente tecnológico. Las evaluaciones del proceso de enseñanza/aprendizaje han mostrado que los estudiantes han mejorado sus habilidades para del diseño de las experiencias utilizadas para verificar y validar sus desarrollos. Por otro lado, las prácticas han enfrentado a los alumnos con situaciones muy cercanas a las que encontrarán en su futura actividad profesional.

PALABRAS CLAVE

Verificación y validación, Hardware-in-the-Loop, Enseñanza, Lógica reconfigurable.

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas embebidos, caracterizados por su bajo costo, reducido consumo de energía y tamaño, están integrados en todo tipo de dispositivos electrónicos de uso diario. Las FPGA (Field Programmable Gate Arrays) son dispositivos de lógica reconfigurable con una arquitectura extremadamente flexible que permite a los usuarios diseñar e implementar en forma rápida un sistema embebido. Las FPGA, en sus distintas tecnologías y posibilidades, han cobrado una relevancia creciente en el área digital a nivel mundial y constituyen actualmente una importante rama de desarrollo e implementación de sistemas digitales en continua evolución. Estos dispositivos se utilizan además como plataforma hardware de depuración de prototipos de sistemas embebidos de diversas características. Hoy día la tecnología de fabricación de circuitos integrados se orienta hacia la muy alta escala de integración y la configuración de hardware, ya sea mediante los dispositivos reconfigurables o los circuitos integrados de aplicación específica. La situación descrita promovió una revisión y actualización de las metodologías de diseño disponibles, que se orientaron hacia los lenguajes de descripción de hardware (HDL) y las herramientas de automatización del diseño electrónico (EDA), que los soportan. Daiki *et al.* (2013), Singh & Jain (2014), Montañana *et al.* (2015).

En la actualidad, la elevada complejidad de los circuitos electrónicos conlleva un alto costo de las tareas de verificación y validación (V&V). En términos relativos, los costos de producción de los sistemas embebidos disminuyen, a diferencia de los de verificación que crecen, constituyendo un porcentaje cada vez más alto del costo total del sistema. Cardona L. *et al.* (2013).

En las currículas del Área Digital de las carreras de Ingeniería Electrónica se enfatizan las metodologías utilizadas para el análisis, modelización y síntesis de sistemas. Sin embargo, la industria moderna, incorpora una variedad de herramientas de V&V que, muchas veces, no están disponibles en la academia.

Los ambientes de desarrollo que automatizan el diseño electrónico han ido incorporando progresivamente técnicas de Hardware-in-the-Loop (HIL), como una poderosa herramienta para V&V que conecta el sistema físico bajo ensayo con una planta virtual y permite simulaciones en tiempo real. Para ello, la utilización de placas de desarrollo basadas en FPGA bajo un entorno EDA, incorporadas en los últimos años en el Área Digital, como se reporta en Martínez R. *et al.*

(2015), posibilitaron el uso de las técnicas HIL.

Desde una perspectiva didáctica, las técnicas de V&V, particularmente HIL, se pueden desarrollar en el marco del contexto de justificación de Reichenbach, ya que los estudiantes, una vez planteadas las hipótesis que soportaron el diseño del sistema, abordan las tareas de verificación contextualizada (VC) por las características y especificaciones de una planta virtual.

En un marco conceptual más amplio, en el que los procesos cognitivos son el producto de la construcción del conocimiento Pozo & Gómez Crespo (2006), destacamos la importancia del ambiente sociocultural y, en particular, de la interacción entre pares que aprenden, de acuerdo con lo enunciado por Lev Vygotsky.

El presente trabajo refiere la experiencia realizada en los últimos años, utilizando técnicas HIL en asignaturas electivas del Área Digital. La sección 2 presenta los aportes de la incorporación de Hardware in the Loop en la práctica didáctica y la sección 3 describe la experiencia realizada en la asignatura Diseño Digital Avanzado. Los resultados obtenidos se reportan en la sección 4 y finalmente las conclusiones alcanzadas se discuten en la sección 5.

2. HARDWARE-IN-THE-LOOP

El ensayo y desarrollo de controladores digitales se realizaba habitualmente utilizando dos enfoques: experimentos basados en hardware real y simulación software. Actualmente, existe un enfoque híbrido, Hardware-in-the-Loop, que resulta particularmente útil para facilitar las actividades de V&V.

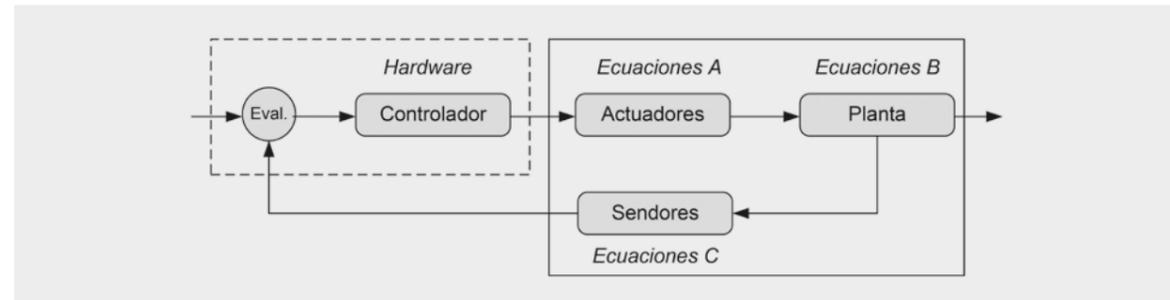


Figura 1. Esquema de la aplicación de Hardware-in-the-Loop.

El uso de Hardware-in-the-Loop acopla partes reales de un sistema, por ejemplo un controlador, con partes virtuales del mismo sistema representadas mediante modelos matemáticos en uno o varios procesadores en tiempo real, permitiendo verificar el funcionamiento de los sistemas desarrollados antes de su instalación en campo. La Fig. 1 representa un esquema de la aplicación de las técnicas HIL donde se diferencian los componentes físicos y virtuales.

Las ventajas que proporcionan las técnicas HIL son: Casellas F. et al. (2014)

- Permiten ensayar el sistema físico desarrollado en situaciones extremas, sin correr el riesgo de dañar la planta real.
- Permiten reducir el costo de desarrollo, evitando sucesivos ajustes en planta del prototipo y, consecuentemente, disminuyendo costos de verificación.
- Posibilitan repetir ensayos bajo las mismas condiciones en sistemas físicos complejos.
- En el proceso de enseñanza-aprendizaje, a pesar de que la planta no está en el aula, los alumnos abordan el problema en situaciones cercanas a las que encontrarán en la actividad profesional.

3. EXPERIENCIA REALIZADA

La experiencia didáctica de incorporación de técnicas HIL en la enseñanza, se realizó en la asignatura Diseño Digital Avanzado (DDA), de marcada orientación tecnológica, en los cursos 2016 y 2017 como un trabajo práctico de los tres que se abordan en la materia. DDA se dicta en forma cuatrimestral en el último año de la carrera, con una carga horaria

de cinco horas semanales. Esta materia, que posee una carga importante de trabajo en laboratorio, está centrada en el desarrollo de proyectos que se abordan utilizando una metodología de diseño a nivel sistema y posterior desagregado de los distintos módulos incluidos en el diseño jerárquico. Se trabaja haciendo uso de ambientes EDA y placas de desarrollo basadas en FPGA para la implementación de los diseños. Los principales ejes temáticos son:

- Diseño digital basado en lenguajes de descripción de hardware
- Desarrollo y utilización de módulos de propiedad intelectual (IP)
- Codiseño hardware – software (HW/SW)
- Tratamiento digital de señales

La aplicación de las técnicas HIL constituye una herramienta de calidad para el logro de parte de los objetivos del equipo docente, planteados en el programa de la asignatura:

- Analizar resultados en el marco teórico adoptado y evaluar distintas soluciones.
- Incorporar herramientas profesionales de análisis y depuración de plataformas HW/SW.
- Plantear situaciones problemáticas abiertas. Este objetivo se favorece gracias al ensayo de los sistemas en el ámbito de una planta virtual.

Al inicio del curso se entregó a los alumnos un cuestionario sobre conocimientos previos relacionados con los temas a desarrollar. Específicamente sobre el ambiente de trabajo que soporta la herramienta HIL, los estudiantes manifestaron tener un nivel de conocimiento bajo o nulo. En función de esta información, se planificaron la introducción teórica y las prácticas a realizar.

El desarrollo del tema comenzó con la presentación de las técnicas HIL y el ambiente de trabajo System Generator. Luego de una práctica guiada como primera aproximación a la aplicación de estas técnicas, se propuso un problema consistente en el estudio de las vibraciones en un tren de siembra de una sembradora neumática monograno de presión positiva. En este sentido, existen modelos matemáticos que permiten inferir la ubicación de la semilla en el surco, en base a un conjunto de variables adquiridas en campo, entre ellas, la energía de vibración en puntos específicos del tren de siembra como se reporta en los trabajos de Boydas M. G., and N. Turgut (2007) y de Martínez R., Cubero A., and Mas R. (2011).

Los alumnos abordaron el problema diseñando un conjunto de módulos para tratamiento de señal en el ambiente System Generator. Los diseños se implementaron en placas de desarrollo basadas en FPGA. En la Fig.2 se muestra un esquema que representa el ambiente de trabajo utilizado por los estudiantes. La primera tarea consistió en el diseño de un filtro FIR pasa bajos en base a las especificaciones del problema, fase previa al cálculo de la Transformada Rápida de Fourier. El diseño se implementó en la FPGA de la placa y los estímulos aplicados se obtuvieron de un acelerómetro emplazado en la sembradora (una de las partes virtuales del sistema). La salida se visualizó en los dominios de tiempo y frecuencia utilizando los recursos provistos por Matlab/Simulink y los datos asociados se almacenaron en un archivo para su posterior tratamiento. Esta última etapa representa la virtualización de las acciones a realizar sobre la planta cerrando, de esta manera, el lazo de HIL.

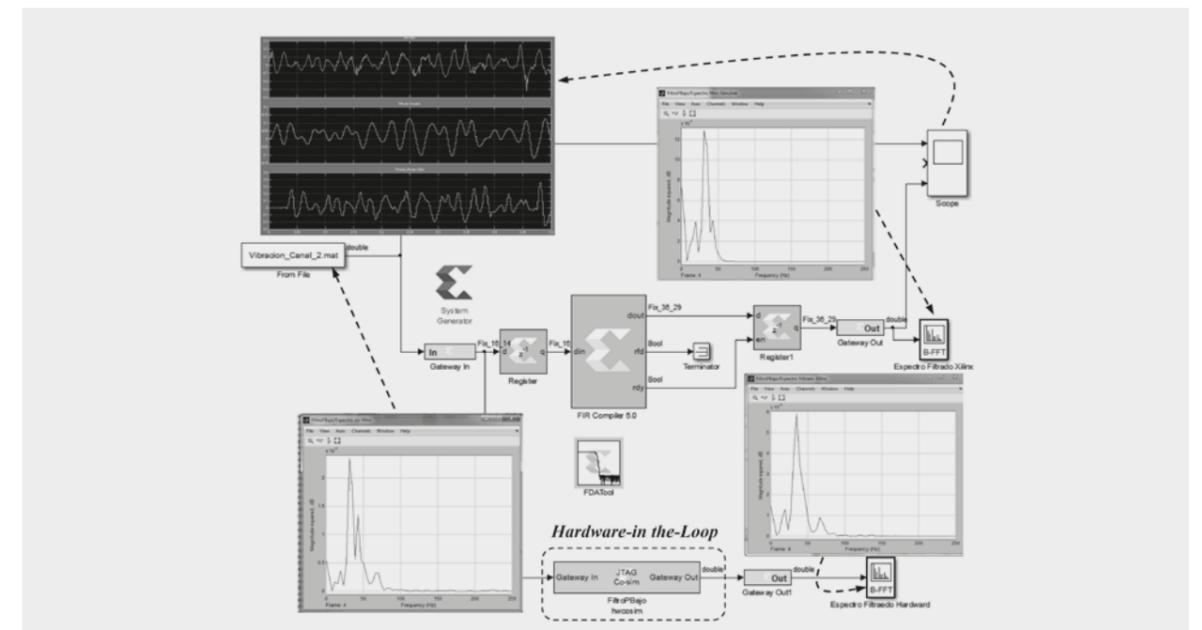


Figura 2. Esquema del ambiente de trabajo System Generator.

La verificación de los resultados obtenidos, acordes al modelo propuesto por los alumnos, les permitió justificar los conceptos teóricos que los sustentaron.

4. RESULTADOS

Los resultados que se informan en este trabajo comprenden la opinión de los estudiantes, obtenida mediante una encuesta anónima y consideraciones realizadas por el equipo docente sobre la experiencia didáctica efectuada.

El cuestionario consistió de preguntas enfocadas en tres aspectos: I) beneficios que en opinión de los encuestados brinda Hardware-in-the-Loop, II) características del ambiente de desarrollo y la metodología de trabajo y III) aspectos didácticos para el abordaje del tema.

En la Fig. 3 se grafican las opiniones de los estudiantes sobre el aporte de las técnicas HIL al proceso de verificación de los diseños ante las aseveraciones: (a) HIL permite ensayar el sistema físico virtualizando su entorno, (b) HIL permite realizar ensayos cercanos a situaciones reales y (c) HIL ayuda a comprender la diferencia entre simulación software y simulación hardware. Como puede observarse, un porcentaje significativo de los estudiantes opinó que la virtualización de la planta les permitió realizar ensayos en situaciones más cercanas a la realidad. Además, una mayoría importante de los alumnos considera que el uso de las técnicas de Hardware-in-the-Loop aportó herramientas para una mejor comprensión de la diferencia entre simulación software y simulación hardware.

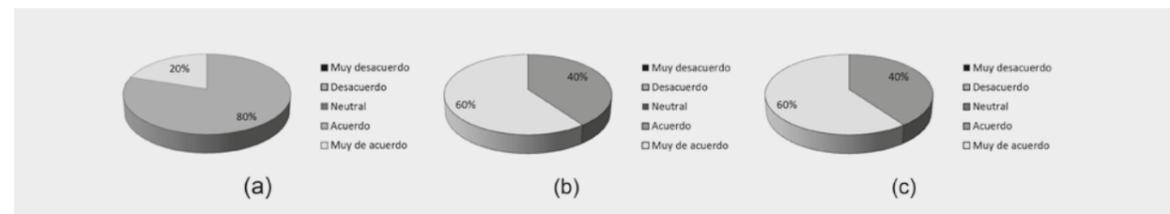


Figura 3. Aporte de HIL a la verificación de diseños.

La opinión de los estudiantes aparece dividida respecto a que “la metodología de trabajo resultó compleja”, como se muestra en la Fig. 4 (a). Con referencia a cuan amigable les resultó el ambiente de desarrollo, la Fig. 4 (b) muestra que los estudiantes se inclinan, moderadamente, por considerar que dicho ambiente resultó accesible.



Figura 4. Ambiente de desarrollo y la metodología de trabajo de HIL.

Respecto de los aspectos didácticos ligados al desarrollo del tema, la Fig. 5 muestra las opiniones de los alumnos ante las aseveraciones: (a) el soporte brindado para la práctica fue suficiente, (b) el tiempo que se dedicó al tema fue adecuado y (c) la presentación del tema fue adecuada. Como puede observarse la mayoría de los encuestados considera que el tiempo dedicado a la temática y la presentación de la misma resultaron adecuados. Además, los estudiantes valoraron que el apoyo brindado por los docentes para el desarrollo de las prácticas fue el apropiado.

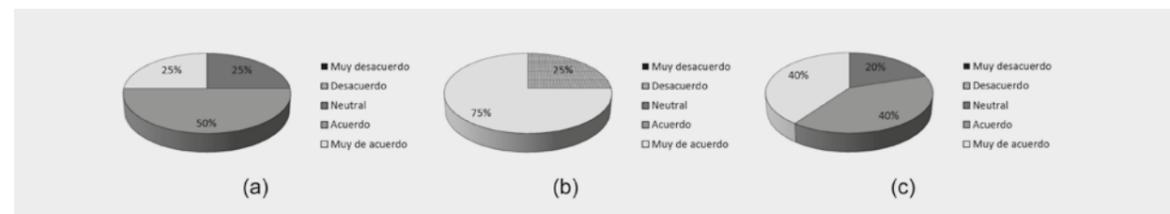


Figura 5. Aspectos didácticos.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se destaca la importancia que tienen actualmente en la industria las técnicas de verificación y validación y su abordaje académico. En este sentido, se describe la experiencia didáctica realizada en una asignatura electiva de la carrera de Ingeniería Electrónica de nuestra Facultad, referida a la incorporación de técnicas de Hardware-in-the-Loop para verificación de los diseños. En la práctica didáctica se utilizaron placas basadas en FPGA y se abordó el diseño en el ambiente System Generator. Los alumnos desarrollaron un sistema de mediana complejidad respondiendo a las especificaciones dadas y la experiencia reportada en este trabajo, se refiere a los aspectos didácticos de la etapa de verificación del sistema.

Los alumnos trabajaron en equipos y esta modalidad potenció la incorporación de patrones colaborativos en el abordaje de las tareas asignadas, no sólo dentro de cada grupo sino también como consecuencia de la interacción entre los distintos equipos.

Las encuestas realizadas muestran que los estudiantes valoraron positivamente los aportes de las técnicas de Hardware-in-the-Loop, en particular, la importancia de realizar ensayos en situaciones similares a las que encontrarán en su práctica profesional. Quedó también en evidencia que la metodología y los ambientes de trabajo presentaron dificultades para su aplicación y uso. Los autores indagarán, en base a esta experiencia, sobre los aspectos didácticos a fin de sortear las dificultades mencionadas.

El equipo docente opina que la práctica didáctica desarrollada, sumada a otras innovaciones educativas incorporadas a la materia y reportadas en trabajos previos, ha incidido positivamente en el número de estudiantes que superaron el nivel exigido para promover la asignatura.

REFERENCIAS

Boydas M. G., and Turgut N. (2007). Effect of vibration, roller design, and seed rates on the seed flow evenness of a studded feed roller, *Applied Engineering in Agriculture - ASABE*, vol. 23, nº 4, pp. 413-418.

Cardona L., Guo Y., Ferrer C. (2013), Fault tolerant architectures by partial reconfiguration, in *Proc. SPIE 8764, VLSI Circuits and Systems VI*, pp. 8764-8771.

Casellas F., Esteban J., Guinjoan F., Piqué R., Martínez H. y Velasco G. (2014). Simulación mediante “Hardware-in-the-Loop” de un convertidor Buck, in *Proc. of the XXI Annual Seminar on Automation, Industrial Electronics and Instrumentation*. Tangier: Universitat Rovira i Virgili, pp. 1-5.

Daiki K., Miyajima T., Amano H. (2013). A Circuit Division Method for High-Level Synthesis on Multi-FPGA Systems, in *Proc. Advanced Information Networking and Applications Workshops, 27th International Conference on Barcelona*, pp.156-161.

Martínez R., Cubero A., and Mas R. (2011). Vibraciones en una máquina sembradora neumática y su incidencia en la dosificación de semillas, in *Proc. Congreso de Agro Informática - 40 JAIIO*, pp. 23-31.

Martínez R., Corti R., Belmonte J., Pistarelli M. (2015). Incorporación de entornos EDA y placas de desarrollo basadas en FPGA en la enseñanza del diseño de sistemas digitales, *Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - UNR*, pp. 69-74.

Montañana J. M., Lemus-Zúñiga L. G., Garza A. A., Benlloch-Dualde J. V. (2015). Teaching Strategy on VHDL Course Based on Participative Learning, in *Proc. International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*, pp. 1-6.

Pozo J. I., Gómez Crespo M. A. (2006). Aprender y enseñar ciencia. Madrid: Ediciones Morata.

Singh M. P., Jain M. K. (2014). A Survey of Reconfigurable Architectures, *International Journal of Computer Applications*, 98(14), pp.35-40.

REGISTROS DE REPRESENTACIÓN SEMIÓTICA EN GEOMETRÍA LINEAL DEL ESPACIO

D'Agostini, Viviana; Sánchez, Patricia; Katz, Raúl

Departamento de Matemática / Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura UNR

dago@fceia.unr.edu.ar

RESUMEN

En este estudio se analizan las dificultades, a través de las representaciones externas, organizadas por estudiantes de ingeniería durante el proceso de resolución de situaciones problemáticas de geometría lineal del espacio. La metodología adoptada es cualitativa, con un enfoque interpretativo, utilizando como técnica para la recolección de datos la observación participante y como instrumentos: notas de campo, registros escritos y grabaciones. En un registro de clase, con estudiantes de la asignatura Álgebra y Geometría Analítica, se identificaron dificultades a través de los registros coloquial, gestual y numérico. Posteriormente, se profundizó el análisis de la actuación individual y grupal en la resolución de una situación problemática afín, incorporando registros algebraicos. Desde el proceso semiótico implicado en la resolución de las actividades planteadas, los resultados muestran las dificultades de los estudiantes en relación a la ausencia de significado de las variables involucradas, una visualización gráfica ligada a la geometría plana y un aprendizaje memorístico. Estas consideraciones pueden interpretarse a través de las actividades de formación, tratamiento y conversión en las diferentes representaciones semióticas. En este sentido, se caracterizan las dificultades desde un aspecto tanto geométrico como algebraico, planteándose estas dos dimensiones de análisis para la continuidad de la investigación.

PALABRAS CLAVE

Representación semiótica, Geometría, Álgebra, Universidad.

1. INTRODUCCIÓN

En Matemática los objetos no son directamente accesibles por medio de los sentidos como lo son los objetos comúnmente llamados reales o físicos, es necesario trabajar con representantes. Una escritura, una notación, un símbolo, una figura, constituyen representaciones de un objeto matemático. Al respecto, Duval (1999) señala que las actividades cognitivas en el aprendizaje en Matemática requieren el uso de sistemas de expresión y de representación diferentes a los del lenguaje natural o el de las imágenes: variados sistemas de escritura numéricos (sistema decimal, binario, fraccionario, etc.), notaciones simbólicas (+, -, ∞ , α , \forall , \neq , etc.), figuras geométricas (recta, triángulo, cono), gráficos cartesianos, diagramas (de Ven, de flujo, de barras, etc.), esquemas, escritura algebraica (ecuación, fórmula) y lógica, que constituyen lenguajes paralelos al lenguaje natural para expresar conceptos, operaciones, propiedades y relaciones. Por su parte, Socas (1997, p.125) sostiene que el aprendizaje en esta ciencia genera dificultades de diversa índole, y "estas dificultades se conectan y refuerzan en redes complejas que se concretan en la práctica en forma de obstáculos y se manifiestan en los alumnos en forma de errores".

Un estudiante de Ingeniería no sólo debe manipular fórmulas, reglas y procedimientos, sino que necesita desarrollar habilidades que le permitan generalizar, abstraer y relacionar los objetos de estudio mediante sus diferentes representaciones externas. Duval (1998), un referente de esta temática, señala que los procesos de resolución en Matemática involucran la comprensión del enunciado de la situación problemática y la transformación relevante que se presenta en él. Esto implica pasar de una descripción discursiva de los objetos que surgen del campo de la pregunta planteada, a una escritura simbólica de sus relaciones. Este autor sostiene plantea que son las representaciones semióticas las que nos dan acceso a los objetos. Así, un estudiante, para lograr una conceptualización, debe recurrir a varios registros de representación semiótica (expresiones en lenguaje coloquial, gráficos, símbolos, tablas, etc).

Efectivamente, ante una situación problemática por resolver los estudiantes utilizan diferentes representaciones internas y externas que cambian en forma sucesiva y que se relacionan con el éxito o la aparición de dificultades en la búsqueda de solución. Como se ha mencionado, en matemática son las representaciones semióticas las que dan acceso a los objetos y permiten la aprehensión de los conceptos. Para ello, no sólo es importante no confundir un objeto con su representación, sino también poder reconocer ese objeto en todas sus representaciones. El estudio de las mismas brinda información acerca de las evoluciones en las líneas de razonamiento, así como también de los errores y dificultades con los que los alumnos se enfrentan en los procesos de resolución. Duval (1998) distingue tres actividades cognitivas asociadas a la pro-

ducción y aprehensión de representaciones semióticas: la *formación*, identificable como una representación de un registro dado, que podría compararse con la realización de una tarea de descripción; el *tratamiento* que es la transformación de la representación en otra en el mismo registro donde ha sido formada, o sea, es una transformación interna; y la *conversión* de una representación que es la transformación de ésta en una representación en otro registro, es decir, es externa al registro de partida, en la que se conserva la totalidad o parte del significado de la representación inicial. Las reglas de conversión no son las mismas según el sentido en el que se efectúa el cambio de registro y, por lo tanto, es posible que al realizar una conversión entre diferentes registros se pierda parte del contenido dado y la representación obtenida cubra sólo parcialmente el de la representación de partida; se conserva la referencia al mismo objeto, pero sin conservar necesariamente la explicitación de las mismas propiedades de ese objeto. Además, este autor destaca que no hay noesis –actos cognitivos para la aprehensión de un concepto– sin semiosis –producción de una representación semiótica–. Es decir, no se puede aprender un concepto matemático sin pasar por las correspondientes actividades cognitivas, a través de las representaciones semióticas. Si bien las representaciones en Matemática cumplen la función de comunicar objetos, su verdadero rol lo constituyen las transformaciones de unas representaciones en otras, ya que permiten obtener nuevos conocimientos de los objetos. Las representaciones mentales y las representaciones semióticas no pueden oponerse como dominios totalmente diferentes, ya que el desarrollo de las representaciones mentales se efectúa como una interiorización de las representaciones semióticas. A esto hay que añadir el hecho de que la pluralidad de sistemas semióticos permite una diversificación tal de las representaciones de un mismo objeto, que aumentan las capacidades cognitivas de los sujetos y por tanto sus representaciones mentales se enriquecen (Benveniste, 1974; Brensson, 1987). En este contexto se analizarán las dificultades de estudiantes universitarios en geometría lineal del espacio.

2. OBJETIVO

Caracterizar las dificultades a través de las representaciones externas organizadas por los estudiantes, que se manifiestan durante el proceso de resolución de situaciones problemáticas de geometría lineal del espacio.

3. METODOLOGÍA

Se recurrió a un enfoque cualitativo de carácter interpretativo. El estudio se realizó con alumnos de Ingeniería, de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura que cursaban la asignatura Álgebra y Geometría Analítica. En situación de aula, la técnica utilizada para la recolección de datos fue la observación participante y los instrumentos aplicados fueron: diario de campo, registros escritos y grabaciones. El material obtenido fue analizado mediante técnicas de análisis del discurso. La investigación se desarrolló en dos etapas, la primera se constituyó en un registro de observación de una clase en relación a una situación problemática vectorial y se analizó el discurso de los estudiantes a través de registros coloquiales y numéricos. En la segunda etapa, el registro de la actuación individual y grupal de los estudiantes en la resolución de una actividad del tema El Plano admitió el análisis del discurso oral y escrito a través de registros coloquiales, numéricos, algebraicos y sus transformaciones.

4. RESULTADOS

4.1. Etapa I

En el marco del desarrollo de una clase correspondiente al tema Vectores, la problemática planteada se vincula a la búsqueda de vectores perpendiculares a un vector dado, en el espacio. Dado $\vec{u} = (1, 2, 3)$, un grupo de estudiantes expresa que existen “dos vectores” perpendiculares a él, infiriéndose a través de los registros oral y gestual, que se refieren a dos vectores “paralelos a un mismo plano” y “del mismo módulo”, como lo describe la figura 1. Otro grupo de estudiantes más numeroso, responde que “existen 4 vectores perpendiculares a \vec{u} ”, haciendo referencia a cuatro vectores que simulan “dos ejes perpendiculares” y tienen “el mismo módulo”, como se observa en la figura 2.

Y ante una representación gestual de la profesora a cargo de la clase, interpretando con un fibrón y sus dedos la situación planteada, algunos alumnos expresan que “hay infinitos vectores perpendiculares a \vec{u} , todos los que están sobre una circunferencia”, como se describe en la figura 3.

Frente a la búsqueda de vectores perpendiculares a $\vec{u} = (1, 2, 3)$, pero ahora expresados por componentes, algunos estudiantes realizando cálculos mentalmente, proponen vectores con “una de las tres componentes cero”. Otros, operando

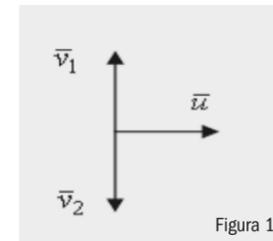


Figura 1

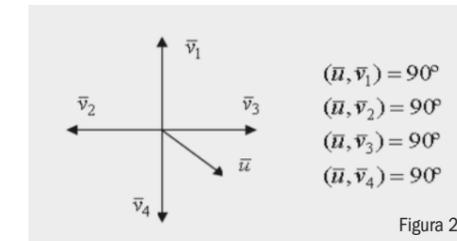


Figura 2

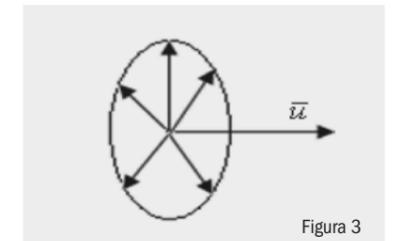


Figura 3

también en forma mental expresan oralmente otros vectores que no tienen ninguna componente cero. Algunos estudiantes aplican la propiedad $\vec{u} \neq \vec{0}, \vec{v} \neq \vec{0}, \vec{u} \perp \vec{v} \Leftrightarrow \vec{u} \times \vec{v} = \vec{0}$, y otros manifiestan aplicar “el truco” de intercambiar dos componentes, cambiar el signo de una de ellas y tomar la tercera componente cero. Por otro lado, algunos alumnos con la ayuda de la docente concluyen: “cualquier vector paralelo a los propuestos también resulta perpendicular a \vec{u} ”, aplicando la propiedad: si $\vec{u} \perp \vec{v}$ y \vec{w} es paralelo a \vec{v} , entonces \vec{w} es perpendicular a \vec{u} , y citan algunos ejemplos aplicando ahora la propiedad: $\vec{w} \neq \vec{0}, \vec{v} \neq \vec{0}$, si $\exists \alpha \in \mathbb{R} - \{0\} / \alpha \vec{v} = \vec{w}$ entonces \vec{w} es paralelo a \vec{v} . Esta propiedad involucra implícitamente relevancia al módulo y al sentido de los vectores resultantes, dependiendo del valor de α . La variación de $\alpha \in \mathbb{R} - \{0\}$ implica infinitos vectores \vec{w} , pero paralelos a \vec{v} , es decir no se consideran nuevas direcciones.

4.2. Etapa II

En el desarrollo del tema El Plano, con la finalidad de profundizar las dificultades detectadas, se planteó a los estudiantes la siguiente actividad: “Hallar una ecuación de un plano que contenga a los puntos A(2,1,5), B(8,-2,0) y C(14,-5,-5)”.

Los estudiantes rápidamente justifican que los tres puntos se encuentran alineados, concluyendo que existen infinitos planos que contienen a los tres puntos, sin embargo, presentan dificultades en la búsqueda de una representación de uno de los planos. Se realiza entonces una puesta en común de las consideraciones implicadas en la problemática. Del debate con los estudiantes, surge la propuesta de buscar $\vec{n} = (a, b, c) / \vec{n} \times \overline{AB} = \vec{0}$, es decir, puesto que la construcción de una ecuación general de un plano es de la forma $ax + by + cz + d = 0$, donde (a, b, c) representa las componentes de un vector normal al plano, los estudiantes reflexionan la necesidad de buscar $\vec{n} \neq \vec{0}, \vec{n} \perp \overline{AB}$, o equivalentemente $\vec{n} \neq \vec{0}, \vec{n} \times \overline{AB} = \vec{0}$. Posteriormente, algunos estudiantes trabajaron de forma individual, otros discutieron en grupos. A partir del registro $\vec{n} \times \overline{AB} = \vec{0}$ algunos estudiantes expresaron $(a, b, c) \times (6, -3, -5) = \vec{0}$ o en el mejor de los casos $6a - 3b - 5c = 0$, realizando una actividad de tratamiento, pero sin lograr la obtención de valores particulares a, b y c . Es decir, la presencia de tres variables evidencia la dificultad en el pasaje de una representación en un registro algebraico a otra en un registro numérico, que implica la actividad de conversión. Finalmente, en la clase siguiente, entregaron su resolución escrita 21 alumnos, entre ellos 14 aplican la estrategia de resolución explicitada anteriormente. Por ejemplo, toman $\vec{n} = (1, 2, 0) / \vec{n} \times \overline{AB} = \vec{0}$, expresan $x + 2y + 0z + d = 0$, como el punto A(2,1,5) debe pertenecer al plano, plantean $2 + 2 \cdot 1 + 0 \cdot 5 + d = 0$ y obtienen $d = -4$ exhibiendo una ecuación de uno de los planos que contiene a los puntos A, B y C: $x + 2y - 4 = 0$. Otras 2 alumnas presentan exactamente la misma idea en hojas individuales, planteando la búsqueda de $\vec{n} = (a, b, c) / \vec{n} \perp \overline{AB}, \vec{n} \times \overline{AB} = \vec{0}$ $(a, b, c) \times (6, -3, -5) = \vec{0} \Rightarrow 6a - 3b - 5c = 0$ pero luego expresan una nueva ecuación $6a - 3b - 5c + d = 0$ y reemplazan a, b y c por las coordenadas del punto A, obteniendo la ecuación $6a - 3b - 5c + 16 = 0$, que emiten erróneamente como respuesta. Es decir, estas alumnas abandonan la primera ecuación planteada, perdiendo significación en la búsqueda de un vector $\vec{n} = (a, b, c)$, para trabajar con otra ecuación fundada a partir de la construcción de la ecuación general del plano $ax + by + cz + d = 0$. En este proceso de resolución se evidencia un accionar mecanicista, con la ausencia de significado en las variables involucradas. Otro estudiante presenta una estrategia de resolución diferente, considera el punto D(0,0,0) y los vectores $\overline{AB} = (6, -3, -5)$ y $\overline{AD} = (-2, -1, -5)$, calcula $\overline{AB} \wedge \overline{AD} = \vec{n} = (10, 40, -12)$ y expresa $10x + 40y - 12z + d = 0$. De los infinitos planos posibles elige el que contiene al punto D(0,0,0), por lo que resulta $d = 0$. Luego exhibe la ecuación $10x + 40y - 12z = 0$ como representación de uno de los planos que contiene a los tres puntos. Y en su resolución explicita “D(0,0,0) (punto cualquiera del espacio)”, sin advertir que ese cuarto punto a considerar no debe estar alineado a los demás. Otro alumno resuelve la actividad correctamente aplicando la ecuación del haz de planos, tema que no se había desarrollado en clase y seguramente lo conocía de su experiencia escolar. Un alumno entrega la resolución de otro ejercicio no pedido. Una alumna exhibe ecuaciones paramétricas que representan la recta que contiene los tres puntos A, B y C. Otro alumno sólo muestra que los tres puntos están alineados y no continúa su resolución.

5. CONCLUSIONES

En el espacio existen infinitas direcciones perpendiculares a un vector y por cada dirección dos sentidos posibles para los vectores perpendiculares, y también infinitos módulos a considerar. En las respuestas de los estudiantes, corres-

pendientes a la *Etapa I*, frente a la búsqueda de vectores perpendiculares a \vec{u} , se manifiestan dificultades inmediatas. Quienes explicitan la existencia de dos vectores perpendiculares a \vec{u} , consideran dos vectores con una misma dirección, sentidos opuestos e igual módulo; los tres vectores se encuentran paralelos a un mismo plano, evidenciando una dificultad en detectar todos los casos posibles. Los alumnos que responden que existen 4, ubican cuatro vectores paralelos a un mismo plano, considerando dos direcciones y el vector \vec{u} perpendicular a dicho plano, por lo cual se interpreta que estos estudiantes están ubicándose en el espacio, pero aun así muestran una limitación en cuanto a todos los casos posibles, infinitos vectores. Es decir, consideran una o dos direcciones y siempre módulos iguales para los vectores. Estos estudiantes no lograron identificar aquellos vectores que tienen la misma dirección que los vectores que habían propuesto, pero diferente módulo e implícitamente variación de sentidos. Sólo con la mediación de la docente algunos estudiantes mencionan la posibilidad de infinitos vectores a considerar, al vincular vectores paralelos a los ya dados, como se muestra en la figura 4.

Y cuando con ayuda de la docente los alumnos lograron ver otras direcciones a considerar, la asociación a la imagen de una circunferencia, considerado el radio como el módulo constante de los vectores, les impidió identificar la variación de los infinitos módulos posibles. Por otro lado, si bien en algunos casos los alumnos exhibieron varios vectores por componentes, no paralelos y perpendiculares a \vec{u} , que implícitamente implican diferentes direcciones, no se han obtenido registros que evidencien que fueran conscientes de las relaciones de los mismos con las infinitas direcciones posibles.

El concepto de vector implica tener en cuenta dirección, sentido y módulo, no todas estas características fueron consideradas por los estudiantes “de forma simultánea”. Todas las representaciones descritas parecen sesgadas, ya que no se obtuvieron registros coloquiales (descripciones, argumentaciones), ni figurales (dibujo, representación gestual) en los que los estudiantes consideraran todas las características de variación en los vectores (dirección, sentido y módulo) como se representa en la figura 5.

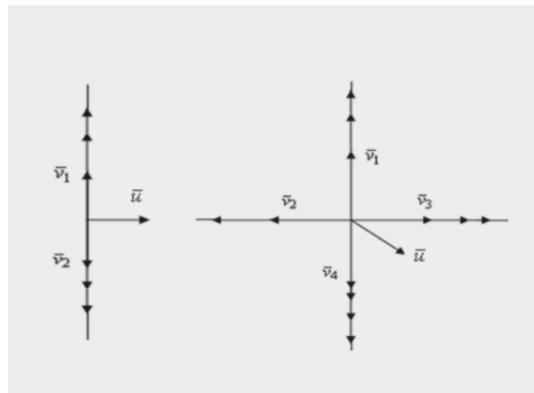


Figura 4

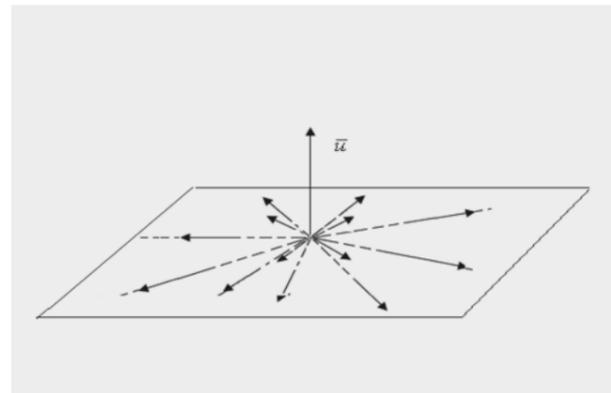


Figura 5

Como señala Duval (1998, p.185): “Cada representación de un objeto matemático, desde el punto de vista cognitivo, es parcial con respecto a lo que representa”. Por ello, la coordinación de varios registros de representación semiótica es fundamental para una aprehensión conceptual de los objetos. Un concepto se va construyendo mediante tareas que impliquen la utilización de diferentes sistemas de representación y que promuevan la articulación coherente entre representaciones. Como señala Hitt (2001), el conocimiento de un individuo sobre un concepto es estable cuando “es capaz de articular diferentes representaciones del concepto libre de contradicciones” (p.171).

Si consideramos los vectores $\vec{v} = (a, b, c)$ perpendiculares a \vec{u} , mediante la propiedad: $\vec{u} \neq 0, \vec{v} \neq 0, \vec{u} \perp \vec{v} \Leftrightarrow \vec{u} \times \vec{v} = 0$, de la ecuación resultante $a + 2b + 3c = 0$, se obtienen infinitas soluciones, que se expresan en función de dos parámetros –hay dos incógnitas que varían arbitrariamente–. Reflexionando sobre los registros numéricos involucrados, al presentar los estudiantes las componentes de vectores perpendiculares, se destaca la falta de vínculo en este proceso con la existencia de infinitos vectores. En algunos casos obtienen componentes de vectores perpendiculares como en un juego de ensayo y error, “probando mentalmente” que los números verifiquen la propiedad. En otros casos los estudiantes dicen sin dudar que es posible obtener las componentes de un vector perpendicular, “invirtiendo las componentes, cambiándole el signo a una de ellas y considerando la tercera componente cero”, pero no pueden argumentar por qué este razonamiento es válido. Es decir, incorporan “una regla” práctica para un caso concreto, pero con una pérdida de significación de la propiedad que la sustenta. Y si bien se observa en las respuestas la aplicación de varias propiedades y conceptos, se detecta una desconexión entre ellos, sin relacionar los aspectos algebraicos con los geométricos.

En la actividad correspondiente a la *Etapa II*, los estudiantes no presentaron dificultad en concluir que existen infinitos planos que contienen a los tres puntos “alineados” A, B y C, como se observa en la figura 6.

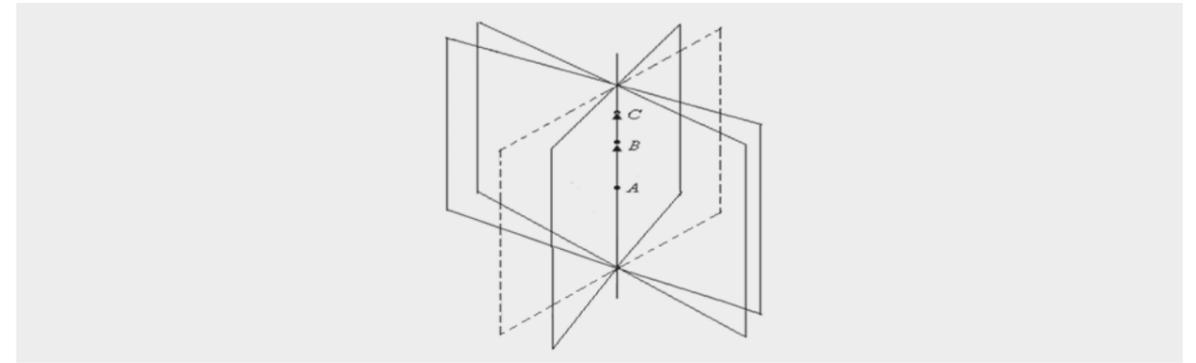


Figura 6

Pero al momento de explicitar una ecuación que represente a uno de esos planos se observan diversas dificultades relacionadas entre sí.

Utilizando como estrategia de resolución la forma de construcción de la ecuación general de un plano, algunos estudiantes buscan las componentes de un vector $\vec{n} = (a, b, c)$ normal al mismo, surgiendo la dificultad en el registro algebraico $6a - 3b - 5c = 0$, la presencia de tres variables se constituyó en un obstáculo en la construcción del vector. Estos alumnos no logran detectar que existen “infinitos” vectores perpendiculares al vector \vec{AB} (figura 7), cada uno perpendicular a un plano de los infinitos existentes “que sí reconocen”, y sus componentes resultan de los “infinitos” valores reales a, b y c para $\vec{n} = (a, b, c)$ que verifican la ecuación $6a - 3b - 5c = 0$. Es decir, los estudiantes no logran establecer las relaciones entre las variables involucradas que conforman las componentes de los vectores y el aspecto geométrico de los mismos como se muestra en la figura 8.

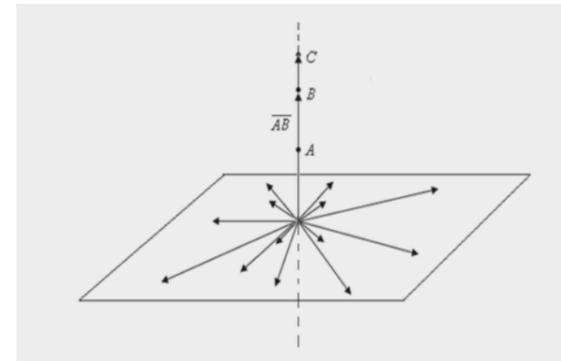


Figura 7

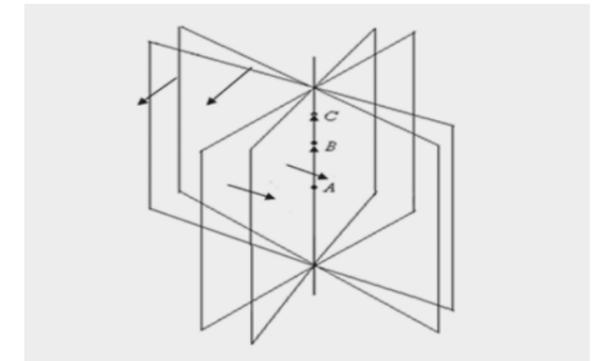


Figura 8

Efectivamente, para lograr que los estudiantes adquieran conocimientos de forma significativa no podemos basar la enseñanza en la transmisión de estrategias de cálculo o métodos algorítmicos, sino que se requiere entre otras condiciones que el alumno establezca relaciones básicas entre las distintas representaciones que hacen referencia a una misma noción. Restar importancia a la pluralidad y diversidad de registros de representación trae como consecuencia por parte del estudiante la consideración de que todas las representaciones de un objeto matemático determinado tienen el mismo contenido. Considerar un objeto a través de un único registro de representación da lugar a confusión, por la identificación del objeto de conocimiento con la representación utilizada, lo que admite una pérdida de información significativa. Al respecto, Duval (1999, c. p. Ospina García, p. 33) expresa: “todo sucede como si para la gran mayoría de los alumnos la comprensión que logran de un contenido quedara limitada a la forma de representación”. Para configurar un concepto en toda su extensión y profundidad de manera que se evidencien todas sus propiedades y características se hace imprescindible trabajar con varias representaciones del concepto objeto de aprendizaje (Macías Sánchez, 2014). Como hemos mencionado, Duval (1999) postula la naturaleza mental en la resolución de las actividades, a través de representaciones internas y atribuye un papel esencial en el proceso de aprehensión de las representaciones mentales –noesis– al lenguaje en sus diversas expresiones. El uso de diversos sistemas de representación semiótica y sus transformaciones se consideran indispensables en la concepción de los objetos matemáticos, pero la semiosis –producción de representaciones– no es espontánea. “Comprender o saber un objeto matemático consiste en ser capaz de reconocer sus propiedades y representaciones características, relacionarlo con los restantes objetos matemáticos y usarlo en toda la variedad de situaciones problemáticas que le son propuestas en el aula” (Font et al., 2007, p. 15).

En nuestro caso, se han detectado dificultades de los estudiantes en geometría lineal del espacio a través de registros

coloquiales, gestuales, numéricos, algebraicos y sus correspondientes transformaciones. Efectivamente, a través de las diferentes representaciones semióticas implicadas en los procesos de resolución, se observaron dificultades en el pasaje de un registro de representación a otro, en relación a las actividades de tratamiento y conversión, además de fallas en el reconocimiento de un mismo objeto a través de diferentes representaciones. Los resultados dan cuenta, en algunos casos de una visualización gráfica ligada a la geometría plana, un trabajo mecanicista con ausencia de significado en las variables involucradas y una falta de aprehensión del concepto de vector. Como se ha señalado, diferentes investigadores sostienen que la adquisición conceptual de un objeto matemático pasa necesariamente a través de la adquisición de varias representaciones semióticas (Chevallard, 1991; Duval, 1993, 1995; Godino y Batanero, 1994, c. p. D'Amore, 2004).

El objetivo esencial de la Geometría Analítica es la resolución de problemas geométricos mediante métodos algebraicos y la interpretación geométrica de los desarrollos algebraicos. Desde las experiencias pedagógicas implicadas, hemos encontrado que los alumnos presentan dificultades en la geometría lineal del espacio, tanto en aspectos geométricos como algebraicos. A partir de esto se han establecido dos dimensiones de análisis –dimensión geométrica y dimensión algebraica– que delinearán la continuidad en esta línea de investigación. La misma, realizada a través del marco de los registros de representación de Duval, contribuirá al conocimiento desde una temática poco indagada en el área de Álgebra y Geometría de nivel superior. Como señala Duval (1999, 2002, c. p. Font, Godino, D'Amore, 2007) la comprensión de representaciones es un problema crucial en el aprendizaje de la Matemática. Movilizar y coordinar varios registros en el desarrollo de una misma tarea, en el aprendizaje de un concepto, o bien poder elegir un registro en lugar de otro, es esencial en toda actividad de dicha ciencia. En definitiva, las representaciones son parte esencial de la estructura conceptual necesaria para poder realizar un análisis de los procesos de comprensión, aprendizaje y asignación de significados que llevan a cabo los estudiantes, de ahí su interés didáctico (Radford, 1998, c. p. Macías Sánchez, 2014). En este sentido, con esta investigación se pretende adquirir las herramientas necesarias para la toma de decisiones al momento de trabajar actividades en la temática involucrada, que nos permitan acompañar y orientar a nuestros estudiantes en la difícil pero apasionante tarea de resolución de problemas en Matemática.

REFERENCIAS

Benveniste, E. (1974). *Problèmes de linguistique générale*, 2. París: Gallimard.

Brenson, F. (1987). Les fonctions de représentation et de communication. In Piaget Mounoud et Bronckart (Eds.), *Psychologie*. Paris: Encyclopédie de la Plegade, 933-982.

D'Amore, B. (2004). Conceptualización, registros de representaciones semióticas y noética: interacciones constructivistas en el aprendizaje de los conceptos matemáticos e hipótesis sobre algunos factores que inhiben la devolución. Recuperado el 22 de Mayo de 2013, de <http://www.dm.unibo.it/rsddm/it/articoli/damore/479%20Conceptualizacion.pdf>

Duval, R. (1998). Registros de representación semiótica y funcionamiento cognitivo del pensamiento. En F. Hitt (Ed) *Investigaciones en Matemática Educativa II*, 173-201. México: Grupo Editorial Iberoamérica.

Duval, R. (1999). *Semiosis y pensamiento humano*. (M. Vega Restrepo, trad.). Colombia: Universidad del Valle. (Obra original publicada en 1995).

Font, V., Godino, J. D. y D'Amore, B. (2007). An ontosemiotic approach to representations in mathematics education. *For the Learning of Mathematics*, 27(2), 2-7.

Hitt, F. (2001). El papel de los esquemas, las conexiones y las representaciones internas y externas dentro de un Proyecto de Investigación en Educación Matemática. En P. Gómez y L. Rico (Eds.), *Iniciación a la Investigación en Didáctica de la Matemática*, 165-178. Universidad de Granada.

Macías Sánchez, J. (2014). Los registros semióticos en matemáticas como elemento de personalización en el aprendizaje. *Conect@2*, 4(9), 27-57.

Ospina García, D. (2012). Las representaciones semióticas en el aprendizaje del concepto de función lineal. Tesis para obtener el título de Magister en Enseñanza de las Ciencias, Universidad Autónoma de Manizales, Caldas, Colombia.

Socas, M. (1997). Dificultades, obstáculos y errores en el aprendizaje de las matemáticas en la Educación Secundaria. En L. Rico (Coord), E. Castro, E. Castro, M. Coriat, A. Marín, L. Puig, M. Sierra, M. Socas. *La educación matemática en la enseñanza secundaria*, 125-154. Barcelona, España: Horsori.

SOCIALIZANDO LA MATEMÁTICA

Denti, Graciela V.

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura UNR

denti@fceia.unr.edu.ar

RESUMEN

Un grupo de docentes y estudiantes de la FCEIA viene desarrollando Proyectos de Extensión y de Voluntariado Universitario con el fin de crear espacios que permitan el desafío de pensar y experimentar la matemática desde recorridos no formales, a través de recursos lúdicos, creativos y formativos.

Estos proyectos buscan acercar la FCEIA a sectores sociales vulnerables, y transmitirles el entusiasmo y la pasión por la matemática, mediante estrategias orientadas hacia aquellos aspectos formativos menos abordados, sumando a las acciones educativas que desde los organismos estatales y no estatales se impulsan, para enriquecerlas y fortalecerlas, posibilitando así la generación de experiencias positivas logradas en interacción entre universidad y comunidad. Los proyectos invitan a explorar otros modos de aproximarse a la matemática y la posibilidad de adquirir hábitos de pensamiento creativos adecuados para la resolución de problemas, tanto matemáticos como no matemáticos, a partir de situaciones problemáticas de la vida cotidiana.

Con la modalidad de taller, se conformaron diferentes espacios a los que asistieron más de seiscientos participantes de un amplio rango etario, brindándoles oportunidades para su desarrollo y para el ejercicio responsable de la ciudadanía, promoviendo sus derechos y fortaleciendo su inserción educativa, laboral y social.

PALABRAS CLAVE

Matemática, Educación no formal, Extensión.

1. INTRODUCCIÓN

Desde el año 2013, docentes y estudiantes de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA) han desarrollado cinco Proyectos Universitarios, cuatro de Extensión y uno de Voluntariado, en los que participaron más de seiscientos personas de un amplio rango etario que incluye adultos mayores pertenecientes a la Escuela de Gerontología Municipal y a los Centros de Día Asturiano y Castilla, adultos entre 22 y 58 años concurrentes al Curso de Asistente Gerontológico Provincial, y adolescentes entre 13 y 20 años de las Escuelas de Enseñanza Media Bernardino Rivadavia y Lola Mora. El objetivo de los Proyectos es la creación de espacios que permitan el desafío de pensar y experimentar la matemática desde recorridos no formales, a través de recursos lúdicos, creativos y formativos.

La Universidad, como institución formadora de profesionales altamente calificados y ámbito de construcción de conocimientos científicos y tecnológicos, debe adquirir un protagonismo firme en la búsqueda de soluciones adecuadas y comprometidas con la realidad social, aportando herramientas, técnicas y recursos profesionales comprometidos con el desarrollo comunitario, con el fin de disminuir las diferencias de oportunidades educativas y generar condiciones de inclusión social. En este sentido, estos proyectos buscan acercar la FCEIA a sectores sociales vulnerables y con mayores dificultades de acceso a programas educativos y transmitirles el entusiasmo y la pasión por la matemática mediante estrategias orientadas hacia aquellos aspectos formativos menos abordados, sumando a las acciones educativas que desde los organismos estatales y no estatales se impulsan, para enriquecerlas y fortalecerlas, posibilitando así la generación de experiencias positivas logradas en interacción entre universidad y comunidad.

Considerando que existen numerosas investigaciones que muestran los beneficiosos efectos que los juegos de ingenio ejercen en el rendimiento intelectual y la actividad cerebral, y que su práctica habitual mejora aptitudes como la memoria, la atención y la agilidad mental, estos proyectos apuntan a mejorar la calidad de vida de los participantes, buscando estimular las funciones cognitivas y la capacidad crítica y de toma de decisiones, poniendo énfasis en la inclusión, la socialización, el aprendizaje permanente y la recreación. Los estudios científicos revelan que “la implementación de experiencias reales, cotidianas y creativas que motiven y modifiquen la percepción de las matemáticas como una ciencia confusa y aburrida, propiciará una transformación de esta percepción dando paso a una conexión y activación de las diferentes áreas cerebrales proporcionando herramientas y habilidades óptimas para un exitoso desempeño en el quehacer individual, social y laboral” (Arch, Lino y Alfaro, p. 72). Contrariamente, “diversos estudios sugieren que aquellos

individuos que presentan complicaciones en la adquisición de los conceptos matemáticos exhibirán en la edad adulta desventajas tanto académicas como ocupacionales, lo que limitará su desarrollo profesional” (Arch Tirado et al, p.111). En cuanto a las investigaciones referidas al funcionamiento de la memoria en adultos y adultos mayores (Agudo, 2008; Elosúa de Juan, 2002; Sánchez Queija, 2010), éstas demuestran que los déficits mnémicos más acusados de la edad “pueden mejorarse a través de programas específicos de estimulación y entrenamiento (Corral, 2002; García Madruga, 2010; González, 2010; Sánchez y Pérez, 2008), los cuales incluyen estrategias de atención selectiva, concentración, visualización, asociación, organización y categorización, habilidades presentes en ejercicios matemáticos y situaciones problemáticas que requieren de ingenio, sentido común, lógica, comprensión y razonamiento” (Demti et al, 2016).

Con la modalidad de taller, se conformaron espacios integradores, gratuitos y abiertos a la comunidad, en los que “nadie enseña a nadie” (Freire, p.92) y todos aprendemos de todos. Estos espacios invitan a explorar otros modos de aproximarse a la matemática y la posibilidad de adquirir hábitos de pensamiento adecuados para la resolución de problemas, matemáticos y no matemáticos, a partir de juegos de ingenio y de situaciones problemáticas de la vida cotidiana narradas con lenguaje coloquial y recreadas con materiales didácticos diseñados para tal fin.

2. OBJETIVOS

- Crear espacios que permitan el desafío de pensar y experimentar la matemática desde recorridos no formales, a través de recursos lúdicos, creativos y formativos, con el fin de estimular el desarrollo cognitivo y generar habilidades, aptitudes e inclusión social.
- Acercar la FCEIA a sectores sociales vulnerables, generando acciones tendientes a compensar desigualdades y lograr una mejor calidad de vida de la comunidad, estrechando lazos entre universidad y sociedad en el marco de un proceso dialéctico entre ambas para que se enriquezcan mutuamente.

3. METODOLOGÍA

En los diferentes proyectos, la metodología utilizada es la de taller, mediante la resolución de situaciones problemáticas adaptadas a las características de cada una de las instituciones y a las motivaciones, intereses y capacidades de los participantes. Los encuentros están coordinados por al menos un docente y varios estudiantes de FCEIA.

Las actividades desarrolladas, creadas por los equipos de trabajo y plasmadas en dos libros, MatemáticaMente Activa (2015) y MatemáticaMente para toda la familia (2016), se basan en problemas de ingenio, de estrategia, de lógica, de interpretación, de razonamiento y pensamiento lateral, que plantean situaciones de la vida cotidiana y que son implementadas en forma creativa y lúdica, con preparación de material didáctico específico para simular las diferentes situaciones problemáticas. También se utilizan folletos, publicidades, y diseños fotográficos, además de presentaciones en power point, como muestra la Figura 1.



Figura 1. Materiales didácticos diseñados para los talleres.

Se realizan monitoreos y evaluaciones permanentes mediante registro escrito de las observaciones más relevantes y seguimiento fotográfico y fílmico del desempeño de los participantes, que son utilizados tanto para reajustar y/o reformular la dinámica del taller como para analizar la evolución individual y grupal. A esto se le suman los aportes de jornadas de socialización, discusión y debate de la experiencia, y la realización de encuestas y entrevistas semiestructuradas a los participantes.

4. RESULTADOS

Los talleres se desarrollaron en un ambiente lúdico, de trabajo, entusiasmo, respeto y participación colaborativa, de inclusión e integración social, con excelentes relaciones interpersonales, con intercambios creativos y enriquecedores, con puestas en común y debates fundamentados que han evolucionado en los sucesivos encuentros.

En los diferentes espacios los participantes se han acercado a la matemática de forma lúdica y no tradicional, lo que les ha proporcionado otras herramientas para su comprensión y nuevas aplicaciones. A través de problemas de ingenio, lógica, estrategia, interpretación, pensamiento lateral y razonamiento, se ha podido trabajar en las habilidades de percepción, atención selectiva, visualización, concentración, organización, asociación, secuenciación, categorización y cálculo.

A través de los registros escritos y fílmicos, encuestas, entrevistas y jornadas de socialización, se ha evidenciado en los participantes un crecimiento en su autonomía y actitud crítica, una ampliación de su capacidad de interpretación, análisis y argumentación, y una mayor seguridad en la toma de decisiones.

Los docentes y directivos de las escuelas y los coordinadores y directivos de las instituciones municipales, han participado en los proyectos de forma activa y colaborativa, lo cual permitió un trabajo conjunto de enriquecimiento mutuo.

La propuesta ha trascendido los talleres, ya que los asistentes han solicitado material para llevarse a sus hogares y seguir ejercitando, y también han propagado las actividades realizadas a otras personas de su entorno, fomentando los vínculos familiares y sociales.

A continuación se muestran algunos resultados agrupados por tipo de institución comunitaria y por rango etario.

4.1. Adultos Mayores de los Centros de Día Asturiano y Castilla y de la Escuela de Gerontología Municipal

En los Centros de Día Asturiano (zona centro) y Castilla (zona norte) participaron más de 50 adultos mayores con un promedio de 86 años. Se convocó a los familiares para que participen de los encuentros con el fin de acompañar y resolver en familia las situaciones problemáticas. En estos encuentros se destaca una especial manifestación de afecto y entusiasmo por parte de los participantes. Los abuelos agradecieron muy amorosamente estas jornadas que calificaron como *especiales, muy dinámicas y entretenidas*, en las que tuvieron que *esforzarse y activar su cerebro*, a la vez que se sintieron *muy acompañados y atendidos*.

En la escuela de Gerontología Municipal asistieron más de 70 adultos mayores con un promedio de 75 años. El 100% de los participantes encuestados calificaron a los talleres como *Muy Bueno* y manifestaron que lo *recomendarían* a sus amigos y familiares. Consideraron *Muy Bueno* (100%) el desempeño de profesores y estudiantes, y *Adecuada* (89%) la diversidad y la cantidad de problemas trabajados en cada encuentro.

En la Tabla 1 se muestran las ‘expectativas’ de los adultos mayores de la Escuela de Gerontología, es decir, los motivos por los cuales decidieron participar de los talleres, agrupadas en cuatro categorías, y los ‘resultados’ obtenidos o logros alcanzados según tres categorías.

EXPECTATIVAS	Estimulación Cognitiva: 43%	Para mantener activas mis neuronas. Agilizar mi mente. Trabajar mi cerebro. Mejorar mi memoria. Mayor conocimiento. Hacer ejercicios matemáticos.
	Sociabilización: 22%	Para conocer otras personas. Hacer amistades. Sentirme acompañada. Estar con gente. Distracción social.
	Recreación y Satisfacción: 17%	Aprender juegos. Entretenerme. Interesante. Me gusta.
	Otras: 18%	Ocupar mi tiempo. Curiosidad.

RESULTADOS OBTENIDOS	Estimulación Cognitiva: 56%	Movilizó mi cerebro. Agilidad mental. Ejercita la memoria. Positivo en lo mental. Mente más clara. Mucho conocimiento. Aprendizaje. Permite aplicarlo a la vida cotidiana. Sirve para cuidarme. Pensar y discernir mejor. Preparación para explicar a mis nietos y a los demás.
	Sociabilización: 22%	Muchas relaciones nuevas. Conocimiento de personas. Buenas amistades. Sentirme acompañada. Buen trato de compañeros, profes y secretarías.
	Recreación y Satisfacción: 22%	Entretenido. Divertido. Pensante. Súper interesante. Agradable. Bárbaro.

Tabla 1. Expectativas y Resultados de los talleres para Adultos Mayores.

4.2. Taller de Capacitación para Asistentes Gerontológicos

Participaron 50 adultos entre 22 y 58 años, con un promedio de 42 años, integrantes del Curso Anual de Capacitación de Asistentes Gerontológicos que dicta la Escuela de Gerontología Municipal con certificación del Ministerio de Educación de la Provincia de Santa Fe. Los talleres se desarrollaron en este espacio con una doble finalidad:

- Contribuir a la capacitación profesional de los futuros asistentes gerontológicos, mediante una variedad de conocimientos, herramientas y recursos que permitan ampliar y mejorar su desempeño con los adultos mayores.
- Favorecer a la formación personal de los participantes, a través de estimular su capacidad cognitiva y creativa y de aportar nuevos conocimientos y aprendizajes que puedan utilizar en su vida cotidiana.

Respecto de la inserción de los talleres dentro del curso de Asistentes Gerontológicos, el 97% considera que es un espacio importante dentro del curso por los ‘aportes’ que recibieron y que se sintetizan en la Tabla 2 según tres categorías.

Asimismo, la metodología de ‘taller’ benefició el trabajo grupal y colaborativo: ‘Poder compartir con mis compañeros e integrarme más al grupo’.

CATEGORÍAS	APORTES
Aportes Cognitivos: 49%	Ejercita la memoria para estudiar. Abre, estimula y agiliza la mente. Permite pensar más y mejor, comprender y razonar. Me mantiene activo. Aporta nuevas ideas, conocimientos, aprendizajes y desafíos. Despierta la curiosidad, la capacidad creativa y la imaginación. Permite aplicarlo en la vida cotidiana. Ayuda a cuidarme. Mejora la vida.
Aportes Laborales: 36%	Amplía el campo laboral. Brinda herramientas y más recursos para un mejor desempeño profesional con los adultos mayores. Ideas, conocimientos y técnicas para aplicar en nuestra tarea. Aprender más matemática para transmitirla.
Otros Aportes: 15%	Satisfacción de logro al resolver un problema, sentir que puedo, cuando logramos resolver es maravilloso. Crecimiento. Ver la matemática de otro modo, a través de juegos, y engancharme. Perderle el miedo a los números. Interesante y didáctico. Jugamos y nos entretenemos.

Tabla 2. Aportes de los talleres en el Curso de Asistentes Gerontológicos.

4.3. Escuelas Media: EESO N°432 “Bernardino Rivadavia” y EESO N°240 “Lola Mora”

En la Escuela B. Rivadavia participaron de los talleres aproximadamente 250 estudiantes pertenecientes a más de 30 barrios de Rosario, en su mayoría periféricos, y en la Escuela Lola Mora, ubicada dentro del barrio Fonavi de la zona sudoeste de Rosario, participaron 172 estudiantes, entre 13 y 20 años de edad.

En la Tabla 3 se resumen algunos resultados obtenidos de los estudiantes de la Escuela Rivadavia, pero que también son compartidos por los participantes de la escuela Lola Mora.

Además se realizaron encuestas y entrevistas a los docentes de la escuela Lola Mora, quienes coinciden en que en general no resuelven problemas de ‘ingenio’ y tampoco los utilizan en sus clases. Sin embargo les resultan muy interesantes las aplicaciones de la matemática trabajadas en los talleres y consideran que es muy importante su incorporación

CATEGORÍAS	APORTES
Opiniones sobre los problemas desarrollados	No los conocía. Nunca me los ofrecieron. No tuve la posibilidad. Nunca nadie me lo propuso. Nunca se me ocurrió.
Opiniones sobre la matemática	No la entiendo. Me resulta difícil. Cuando entiendo los ejercicios me gusta. Las cosas que sé, me gustan mucho, pero hay cosas que me cuestan.
Preferencias sobre los talleres realizados	Resolver las situaciones problemáticas en Grupo (60%) Realizar las actividades con Material Didáctico (76%) Que los talleres vuelvan a realizarse (89%)
Valoración de los talleres	La cantidad de ejercicios trabajados en cada encuentro es Adecuada (91%) La dificultad de los problemas trabajados es Moderada (55%) El desempeño del equipo de FCEIA es Muy Bueno (70%)
Sugerencias de los jóvenes	Que vengan más seguido a enseñarnos más cosas. Me gusta el modo de trabajar y lo que nos dan, me gustaría que vengan más seguido. Que haya más clases y que los ejercicios sean más difíciles así pienso más. Traer más ejercicios de ingenio y dejar algunos para hacer en casa. Realizar más de a grupos o competencias. Un premio para el que realice el problema más rápido (alfajores). Ninguna, los felicito. Para mí así está bien. Por ahora ninguna, así está genial. Así como está me gusta. Me parece dinámico y divertido, no se me ocurren sugerencias.

Tabla 3. Aportes de los talleres para los estudiantes de la Escuela Media EESO N° 432.

en el aula. Valoraron positivamente el proyecto: “muy interesante y rica la experiencia”, “los talleres muy bien planteados”, “actividades diversas y variadas”, “situaciones recreativas y atractivas, que propician la imaginación, la participación, la inclusión y el desarrollo de cualidades personales”, “estimulan el razonamiento”, “relacionan la teoría con la práctica”, “brindan a los alumnos una perspectiva diferente de la matemática”, “ayudan al desarrollo”, “refuerzan la dimensión lúdica del aprendizaje”, “hacen pensar, desarrollan el ingenio de los alumnos, captan su atención, incrementan su gusto por la matemática”. También destacaron el valor de la participación de “tantos estudiantes jóvenes” de la FCEIA que se mimetizaban con los alumnos de la escuela y los ayudaban a desinhibirse y lograr una mayor participación.

5. CONCLUSIONES

La creación de estos espacios de carácter lúdico-educativo constituyen una asistencia positiva a los participantes, brindándoles oportunidades para su desarrollo personal y biológico, para el ejercicio responsable de la ciudadanía, promoviendo sus derechos y fortaleciendo su inserción educativa, laboral y social. Los talleres brindan una mirada lúdica de la matemática, y a la vez ofrecen recursos de aplicación a la vida cotidiana, generan empatía por la ciencia matemática, formando en habilidades y competencias, brindan oportunidades de progreso, fomentando la elección de carreras científico-tecnológicas y contribuyendo a esta necesidad emergente de la comunidad.

Enseñar y aprender en un contexto real fuera de la universidad constituye un escenario privilegiado para los integrantes del equipo de trabajo de la FCEIA, que incluye una dimensión diferente dado que el contexto experiencial amplifica, re-dimensiona y resignifica el contenido que se pone en juego. Estos proyectos permiten fortalecer la formación integral, académica y humana de estudiantes universitarios, docentes, no docentes y graduados integrantes del equipo extensionista, mediante la comprensión de la función social del conocimiento, y a través del trabajo conjunto y la distribución de obligaciones y responsabilidades, promoviendo actitudes éticas, solidarias y de compromiso social. Constituyen una oportunidad y una experiencia de aprendizaje para abordar profesionalmente problemáticas sociales complejas, aportando recursos humanos calificados y generando una visión amplia, abarcativa y sistémica del mundo, tanto desde lo técnico como desde lo social.

Nuestro rol como educadores es transformar, renovar y construir espacios en los que todos tengamos las mismas oportunidades para crecer como personas, a través de prácticas orientadas a formar ciudadanos críticos y construir una sociedad más justa y participativa.

Este modo de participación ciudadana implica el desarrollo de acciones concretas articuladas que permitan a los equipos el abordaje de las problemáticas y el ejercicio de la solidaridad, obteniendo a la vez experiencia que retroalimenta sus ideas, actitudes, su participación en la sociedad y el dialogo de diferentes conocimientos.

REFERENCIAS

Agudo, S. (2008). La educación social y las personas mayores: reconstruyendo identidades. *Revista de Educación Social*, 13, pp. 1-20.

Arch Tirado, E., Lino González, A. L., y Alfaro Rodríguez, A. (2013). La importancia de la estimulación de las áreas implicadas en el procesamiento matemático y sus efectos en el neurodesarrollo. *Cirugía y Cirujanos*, 81(1), pp. 69-73.

Arch Tirado, E., Lino González, A. L., Verduzco Mendoza, A., Alfaro Rodríguez, A., y Licona Bonilla, J. (2013). La estimulación multisensorial por videojuegos y sus efectos en las habilidades matemáticas. *Investigación en discapacidad*, 2(3), pp. 110-116.

Corral, A. (2002). El desarrollo de la inteligencia en la vida adulta y la vejez. En F. Gutiérrez, J. A. García Madruga y N. Carriedo (Eds). *Psicología Evolutiva II: Desarrollo cognitivo y lingüístico*, vol. 2 (273-298). Madrid: UNED.

Denti, G., Pérez, M. y D'Agostini, V. (2015). Matemáticamente Activa. *Memorias de la IX Jornada de Ciencia y Tecnología*. Rosario: UNR Editora.

García Madruga, J. A. (2010). El desarrollo cognitivo en la edad adulta y el envejecimiento. En J. A. García Madruga y J. Delval (Eds). *Psicología del Desarrollo I*. Madrid: UNED

Elosúa de Juan, M. (2002). El desarrollo de la memoria en la vida adulta y en la vejez. En F. Gutiérrez Martínez, J. García Madruga y N. Carriedo López (Eds.), *Psicología Evolutiva II. Desarrollo cognitivo y lingüístico*, vol. 2, pp. 299-330. Madrid: UNED.

Freire, P. (2005). *Pedagogía del oprimido*. México: Siglo XXI.

González, J. (2010). Teorías del Envejecimiento. *Tribuna del Investigador*, 11(1-2)

Gutiérrez Martínez, F. y García Madruga, J. (2002). El desarrollo de la memoria: capacidad y estrategias. En F. Gutiérrez Martínez, J. García Madruga y N. Carriedo López (Eds.), *Psicología Evolutiva II. Desarrollo cognitivo y lingüístico*, vol. 2. Madrid: UNED.

Sánchez Queija, I. (2010). Desarrollo social y emocional en la edad adulta y la vejez. En J.A. Sánchez I. y Pérez V. (2008) *El funcionamiento cognitivo en la vejez: atención y percepción en el adulto mayor*.

Recuperado el 26 de Agosto de 2014, de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252008000200011

RECREACIÓN DEL EXPERIMENTO DE HERTZ PARA LA ENSEÑANZA DEL ELECTROMAGNETISMO EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

Fantini, Juan A.¹; Tecco, Lucía E.¹; Fourty, Andrea L.^{1,2}; Navone, Hugo D.^{1,2}

¹ Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura UNR; ² Instituto de Física de Rosario (CONICET-UNR)

andreafourty@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo presentamos una propuesta didáctica destinada a alumnos de Educación Secundaria que busca estimular la reflexión sobre la relación de la ciencia con la sociedad, utilizando la recreación de un experimento histórico con elementos accesibles, seguros, de fácil montaje y de bajo costo. El desarrollo de la misma se realizó dentro del espacio curricular Taller de Práctica de la Enseñanza III del Profesorado de Física de la FCEIA. Nuestra propuesta consiste en comenzar con un recorrido histórico que muestre la sucesión de diversos acontecimientos relacionados con el magnetismo, la electricidad, el electromagnetismo y de otros hechos significativos para la humanidad o para nuestra sociedad, con el fin de situar en contexto el proceso de construcción de conocimiento científico que surge a partir de esta nueva fenomenología. En particular, nos centramos en la importancia del experimento realizado por Heinrich Hertz en 1888, para luego recrearlo y analizarlo desde un punto de vista cualitativo. El hecho de que el fenómeno estudiado se emplee en muchos dispositivos de uso cotidiano permite ver a estos artefactos como construcciones del desarrollo tecnocientífico, atribuirles historia y dotarlos de significado, así como mostrar una importante relación de la física con nuestra propia realidad.

PALABRAS CLAVE

Electromagnetismo, Educación secundaria, Experimento de Hertz, Propuesta didáctica.

1. INTRODUCCIÓN

Como estudiantes de los últimos años del Profesorado de Física de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, hemos observado que los adolescentes que cursan la Educación Secundaria consideran a la física como un obstáculo, como una materia vacía de contenido, difícil de comprender y ajena a la realidad. La física, para ellos, parece haber perdido su sentido como construcción humana, como respuesta a motivaciones reales de comprender fenómenos y de resolver problemas. Con la intención de mejorar esta situación nos pusimos como meta generar una estrategia didáctica que muestre a la física como un conocimiento accesible, interesante y útil. El desarrollo de esta propuesta se realizó dentro del espacio curricular Taller de Práctica de la Enseñanza III. Para realizarla asumimos el rol de aprender como estudiantes y de pensarnos como docentes, de manera que, para nosotros mismos, se constituyó en una instancia doblemente formativa.

La estrategia didáctica elaborada está centrada en un contenido que pertenece al campo temático del electromagnetismo (inducción electromagnética) que, si bien está contemplado en el Diseño Curricular para la Educación Secundaria Orientada de la Provincia de Santa Fe para trabajar en Física de tercer año, en general no se aborda debido probablemente a la complejidad de su formalismo matemático. Sin embargo, el electromagnetismo en general y la inducción electromagnética en particular, forman parte de nuestra vida cotidiana ya que están presentes en múltiples dispositivos que utilizamos diariamente.

Teniendo todo esto en cuenta, y con el propósito explícito de cubrir esta área de vacancia en la educación secundaria, hemos procurado una manera de abordar el tema desde un enfoque cualitativo, estructurándolo en torno a la recreación de un experimento histórico que permite trabajar con particular énfasis sobre la dimensión conceptual.

2. PROPUESTA DIDÁCTICA

2.1. Fundamentación

Nuestra propuesta fue diseñada para alumnos de tercer año del secundario que hayan abordado conceptos relacionados con magnetismo y electricidad, con el fin de incluir el aprendizaje del fenómeno de inducción electromagnética. Esta

temática se encuentra presente en el Diseño Curricular de Educación Secundaria de nuestra provincia para la Orientación Ciencias Naturales en la asignatura Física, bajo el eje “En relación a las ondas electromagnéticas”.

El objetivo de la propuesta no sólo es abordar el concepto de inducción electromagnética con la ayuda de la recreación del experimento de Hertz, sino también poner en evidencia el proceso de construcción del conocimiento científico y sus repercusiones directas en la vida cotidiana. Al utilizar la recreación de un experimento histórico situándolo en su contexto de producción, pretendemos mostrar a la ciencia como proceso y no como producto, apelando a enfoques provenientes del campo de Naturaleza de las Ciencias (Adúriz-Bravo 2005). Además, basándonos en las recomendaciones de APA Work Group of the Board of Educational Affairs citadas en Pérez Gómez (2011), como nuestro fin es generar un aprendizaje relevante, para el cual es necesario que los estudiantes consideren útiles los conocimientos a incorporar ampliando saberes y competencias a la vez que se enriquecen sistemas de valores, sensibilidades y afectos, proponemos actividades que estimulen la exploración, la comunicación con otros, las relaciones interpersonales y el aprendizaje cooperativo; combinando, para ello, actividades lúdicas, trabajo experimental y espacios de reflexión que propicien un ambiente agradable en el aula y fortalezcan la relación entre pares y entre el docente y los estudiantes.

El Diseño Curricular de Educación Secundaria Orientada de la Provincia de Santa Fe expresa que: “En las instituciones escolares se reconocen hoy nuevos sujetos que se sientan en los mismos bancos que ayer pero no son los mismos, produciéndose entonces un desencuentro entre la escuela y la cultura contemporánea”. Por dicha razón, desde esta perspectiva, nuestra propuesta tiene como objetivo propiciar el aprendizaje en contexto, promoviendo la comprensión de la naturaleza de los fenómenos físicos, así como su relación con la tecnología y la sociedad.

2.2. Secuencia didáctica

Nuestra propuesta didáctica se centra en el concepto de onda electromagnética, la forma en que se propaga por el espacio y su relación con las nuevas tecnologías. Se usó como estrategia didáctica la descripción fenomenológica y su aplicación a eventos cotidianos, sin énfasis en la formalización matemática de las ondas electromagnéticas. Con el fin de potenciar el aprendizaje, las actividades se focalizan en la construcción de estrategias de exploración y descubrimiento; favoreciendo explícitamente el trabajo cooperativo y las relaciones alumno-alumno. El trabajo en grupo promueve la ayuda mutua para aprender nuevos conceptos y superar errores, enriquece la disposición afectiva de todos los participantes y, de esta manera, da lugar a la emergencia de procesos de compensación entre pares enriqueciendo todo el proceso de enseñanza y aprendizaje.

El diseño de toda la estrategia didáctica, así como su articulación secuencial, está dirigido a promover la comprensión del proceso de construcción de los conocimientos científicos, pero sin proponer un enfoque historicista rígido, ni tampoco considerar a la Historia de la Ciencia como un conjunto de anécdotas curiosas y dispersas. El marco histórico que proponemos tiene como objetivo desplegar la dimensión social y cultural de la práctica científica, situando a los conceptos en el contexto de sus problemáticas de origen y promoviendo, de esta manera, una comprensión evolutiva del desarrollo tecnocientífico actual.

En esta secuencia didáctica nos proponemos como objetivos que los estudiantes: a) sitúen en contexto al proceso de producción social del conocimiento, b) construyan ideas en torno a las ondas electromagnéticas a partir de la experimentación y la observación sistemática; c) identifiquen en el dispositivo experimental al elemento emisor y al elemento receptor, d) comprendan qué sucede en estos elementos y cómo se transmite la información entre uno y otro y e) que relacionen este fenómeno con situaciones de la vida cotidiana.

2.2.1. Recorrido histórico

Se propone esta actividad con el fin de hacer un recorrido histórico que muestre la sucesión de diversos acontecimientos relacionados con el magnetismo, la electricidad y el electromagnetismo, como así también de otros hechos significativos para la humanidad o para nuestra sociedad, con el fin de situar en contexto el proceso de construcción del conocimiento científico que surge a partir de esta nueva fenomenología. En particular, nos centramos en la importancia del experimento realizado por Heinrich Hertz en 1888, el cual es luego recreado con elementos accesibles para analizarlo desde un punto de vista cualitativo. Para esto, se recurre a una dinámica grupal que se desarrolla en tono lúdico: se ofrece a los estudiantes un conjunto de tarjetas con distintos eventos históricos que informan la fecha de los mismos y se les propone ordenarlas cronológicamente según sus conocimientos o su parecer. De esta manera, se fomenta la comunicación entre pares para llegar a un consenso a partir de una actividad grupal de carácter cooperativo. Mediante el acompañamiento del docente que presenta una línea cronológica con los años en los que acontecen cada uno de esos eventos, o habilitando la búsqueda en internet, se reordenan (en caso que sea necesario) las tarjetas. El docente estimula

a los estudiantes a pensar en la importancia de los descubrimientos científicos, invita a que imaginen cómo fueron generados y hace hincapié en la naturaleza de la ciencia, mostrándola como construcción humana, íntimamente relacionada con los acontecimientos sociales, políticos, culturales y económicos de su época. De esta forma, se busca reflexionar sobre la ciencia como producto cultural e histórico, posicionada dentro de un mundo con realidades complejas y, aunque muchas veces distantes, interrelacionadas. Se busca poner en evidencia, el papel de la ciencia y sus repercusiones en el mundo y en la tecnología que hoy disponemos, mostrando que no fue trabajo de un día, ni de personas individuales, sino un proceso complejo que involucra a toda la sociedad a lo largo de toda la historia de la humanidad.

Los eventos históricos que se proponen utilizar, provistos por el docente en forma de tarjetas, son los siguientes:

- Siglo IV AC: El filósofo Thales de Mileto observa que el roce entre algunas sustancias, como el ámbar y un trozo de piel de animal, podría ser la causa de la atracción de otros cuerpos más ligeros.
- Siglo IX: Fue inventada en China la brújula con el fin de determinar direcciones en mar abierto.
- Siglo XIII: Marco Polo empieza su viaje a Asia oriental; si bien no fue el primero en hacerlo, su travesía fue la mejor documentada hasta entonces, dando a conocer los lugares que visitó.
- 1492: Llegada a América de una expedición capitaneada por Cristóbal Colón.
- Siglo XVIII: Comienza la Revolución Industrial en el Reino de Gran Bretaña, que luego se extiende al resto de Europa y a Norteamérica.
- 1784: Charles-Augustin de Coulomb diseña la balanza de torsión y descubre lo que hoy se conoce como la Ley de Coulomb.
- 1789: Estalla la Revolución Francesa que sienta las bases de la democracia moderna y se convierte en el motor de otras revoluciones.
- 1819: Hans Christian Ørsted descubre el efecto que tiene una corriente eléctrica que pasa por un cable sobre una aguja magnética suspendida.
- 1821: André-Marie Ampère observa que dos cables paralelos conduciendo corrientes eléctricas se atraen o repelen entre ellos, dependiendo del sentido de las corrientes. Esto sienta las bases de la “electrodinámica”.
- 1831: Michael Faraday comienza con experimentos que lo llevan a descubrir la ley de inducción electromagnética.
- 1857: El Ferrocarril del Oeste de Buenos Aires inaugura sus servicios y pone en marcha la primera red telegráfica del país tendida por la compañía para ayudar al servicio ferroviario.
- 1859: Buenos Aires se une a la Confederación Argentina y firma la constitución, formando la Republica Argentina.
- 1865: James Clerk Maxwell unifica a la electricidad y al magnetismo, prediciendo la existencia de ondas electromagnéticas.
- 1888: Heinrich Hertz demuestra la existencia de ondas electromagnéticas mediante un aparato que produce y detecta ondas de radio.
- 1894: Nikola Tesla hace su primera demostración en público de una transmisión de radio.
- 1909: Guglielmo Marconi obtiene el Premio Nobel en Física junto con Karl Ferdinand Braun en reconocimiento por sus contribuciones para el desarrollo de la telegrafía “wireless”.
- 1920: Transmisión en vivo de la ópera Parsifal de Richard Wagner desde el Teatro Coliseo de Buenos Aires por la Sociedad Radio Argentina; consolidándose como primera emisión de radio en América Latina.
- 1989: Primer servicio de telefonía celular en Argentina prestado por la compañía Movicom Argentina en el Área Metropolitana de Buenos Aires.
- 2008: Se pone a la venta el primer teléfono móvil con Android en Argentina.

La elección de estos eventos, si bien puede ser discutida, no es arbitraria, ya que se busca partir desde los orígenes de los descubrimientos relacionados con electricidad y magnetismo en la Antigua Grecia y en el Antiguo Oriente, en tiempos muy lejanos, hasta llegar a situaciones contemporáneas y locales, como lo es la venta de un teléfono móvil inteligente en nuestro país. En el camino, recorreremos distintos avances científicos y tecnológicos que se fueron dando a la par del desarrollo de eventos socio-históricos y políticos, reflexionando en cómo unos afectan otros. También, se seleccionaron acontecimientos históricos más cercanos a nuestra realidad, como el arribo de los españoles a América o la firma de la Constitución Nacional Argentina, para tratar de contextualizar nuestro pasado y evitar caer en la típica desconexión donde la historia Argentina y la historia mundial se presentan como secuencias paralelas de eventos que transcurren aisladamente.

2.2.2. Sobre el experimento de Hertz

Hertz pensó en la manera de generar y detectar en un laboratorio las ondas electromagnéticas que Maxwell había predicho. Usó un carrito de Ruhmkorff, unas varillas de cobre con unas esferas metálicas chicas y otras más grandes. Según éste, un arco eléctrico entre las esferas chicas del emisor producía un campo eléctrico variable que debía provocar una perturbación magnética en la zona; ésta debía propagarse en todas direcciones en forma de onda electromagnética. Si, a su vez, se colocaba en las cercanías un receptor de similares características que el emisor, éste debía transformar esa onda electromagnética en corriente eléctrica y entre las esferas del receptor debía producirse un arco. Para la reproducción de este experimento en una escuela secundaria siguiendo las condiciones originales sería necesario contar con equipamiento y espacios no siempre accesibles. Es por ello que se optó por realizar dos adaptaciones simplificadas en microescala, seguras, de fácil montaje y de bajo costo.

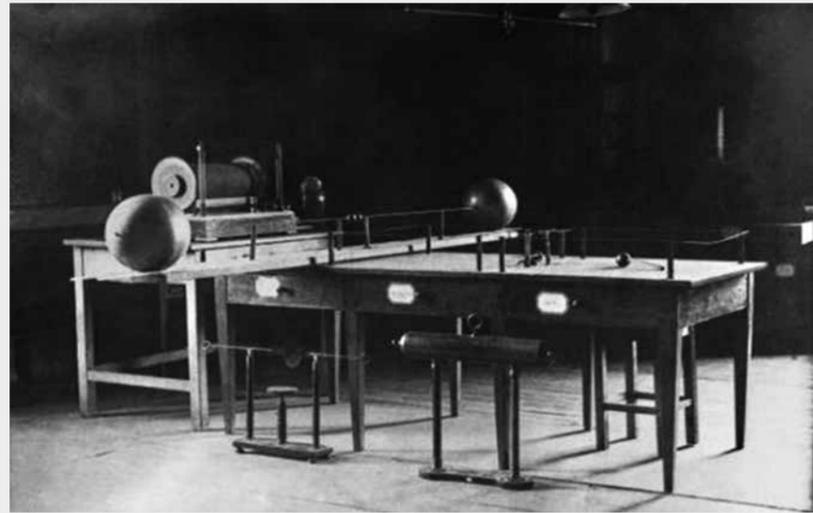


Figura 1. Fotografía de un equipo similar al utilizado por Hertz (EC, 2015).

2.2.3. Recreación del experimento y discusión

El experimento propuesto puede realizarse con los siguientes materiales: un encendedor de chispa, un par de tornillos, mangueras plásticas de poco diámetro, un foco de neón, unos trozos de alambre, limadura de hierro, un LED y una batería de 9V, dispuestos como se muestra en la Figura 2 a). Sin embargo, es recomendable estimular a los estudiantes para que indaguen por sí mismos cómo realizarlo –puede encontrarse fácilmente información en internet al respecto–, y así promover el cuestionamiento, la exploración y la formulación de diferentes propuestas cuya pertinencia y factibilidad sea debatida y evaluada en el grupo-clase con la oportuna guía del docente.

En la configuración que aquí se presenta para la fuente emisora, se utiliza el piezoeléctrico del encendedor de chispa conectado a dos tornillos que se mantienen con sus puntas ligeramente separadas a los efectos de posibilitar la descarga eléctrica.

Se trabaja con dos modelos de receptores distintos. El primero consiste en un foco de neón conectado a dos trozos de alambre colineales con sus extremos ligeramente separados, al igual que la antena emisora (Figura 2a). Con esta

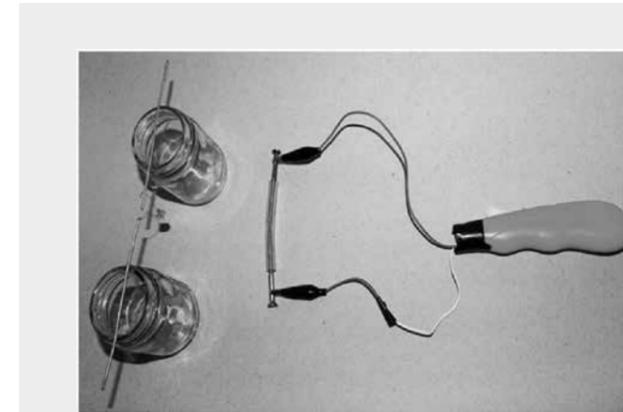


Figura 2 (a)

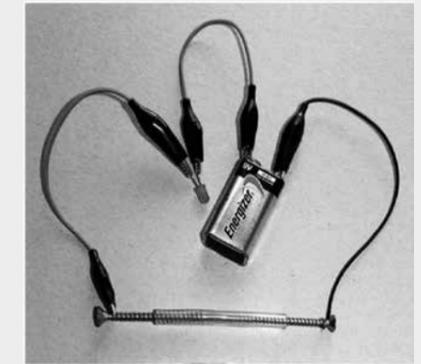


Figura 2 (b)

Figura 2. a) Equipo de bajo costo y accesible utilizado para la recreación del experimento de Hertz; el primer tipo de receptor se muestra a la izquierda de la imagen y el emisor a la derecha. b) Detalle del segundo tipo de receptor.

opción tan simple se logra ver incandescencia en el foco en simultáneo con el chispazo del emisor, producto del campo electromagnético que el mismo genera.

El segundo receptor consiste en un circuito en serie compuesto por un LED, una batería y una antena de características similares a las del emisor, con la salvedad de poseer limadura de hierro en el espacio entre las puntas de los tornillos (Figura 2b). En condiciones normales, la antena mantiene el circuito abierto. Pero cuando se pulsa el encendedor de chispa, el pulso electromagnético alinea las partículas de hierro en el interior de la antena, cerrando el circuito. El LED se enciende y permanece en ese estado. Basta dar un suave golpe al receptor para que la limadura regrese a su disposición natural y el circuito quede nuevamente abierto.

Tras realizar el experimento, se promueve la indagación acerca de lo que acontece en términos heurísticos y fenomenológicos, animando a los estudiantes a experimentar con el emisor y el receptor mediante la utilización de diversos interrogantes: ¿qué sucede con la intensidad de luz del LED al acercar y alejar la antena receptora de la fuente emisora?, ¿qué sucede cuando cambiamos de lugar la antena receptora manteniendo la distancia?, ¿y si cambiamos el ángulo de una antena con respecto a la otra? También, y mediante oportunas intervenciones del docente, es posible trabajar sobre distintos cuestionamientos de carácter reflexivo con el propósito de actualizar y otorgar mayor sentido a la temática abordada, tales como: ¿qué relación tiene la radiación electromagnética con nuestra vida cotidiana?, ¿dónde encontramos presentes estos fenómenos en nuestro día a día?, ¿cómo funcionan las tecnologías inalámbricas del siglo XXI?

3. CONCLUSIONES

Hemos desarrollado una propuesta simple cuyo propósito general es estimular la reflexión en torno a la relación entre ciencia, tecnología y sociedad, utilizando para ello la recreación de un experimento histórico con elementos accesibles, que no presentan riesgos a la hora de ser utilizados por adolescentes. Pretendemos, de esta manera, mostrar a la ciencia como proceso y no como producto, como una actividad humana que se construye en relación a acontecimientos, situaciones y contextos; todo esto desde un enfoque articulado y enriquecido con elementos de Naturaleza de la Ciencia (Adúriz-Bravo, 2005).

Al analizar cualitativamente el experimento que hemos propuesto se promueve la observación detallada, la indagación sobre posibles relaciones entre distintas variables, la predicción de resultados y su contrastación con lo observado; acciones que constituyen un aspecto fundamental a la hora de comprender los distintos fenómenos físicos.

Consideramos que el trabajo educativo sobre estas temáticas durante la Educación Secundaria es de vital importancia para el desarrollo de una sociedad con ciudadanos capaces de pensar crítica y autónomamente en contextos problemáticos que involucren aspectos científicos y tecnológicos.

El hecho de que el fenómeno estudiado se emplee en muchos dispositivos de uso cotidiano permite visualizar a estos artefactos como construcciones del desarrollo tecnocientífico, atribuirles historia y dotarlos de significado, así como mostrar el notable impacto de la física en nuestra propia realidad.

REFERENCIAS

Adúriz-Bravo, A. (2005). Una introducción a la Naturaleza de la Ciencia: La Epistemología en la enseñanza de las Ciencias Naturales. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.

EC (2015). Experimento de Hertz, ondas electromagnéticas, radiofrecuencia. <https://espaciodecesar.com/2015/10/07/experimento-de-hertz-ondas-electromagneticas-radiofrecuencia/>. Sitio consultado en marzo de 2018.

Pérez Gómez, A. I. (2011). ¿Competencias o pensamiento práctico? La construcción de los significados de representación y de acción. En Gimeno Sacristán, J. (Comp.) y otros, Educar por competencias, ¿qué hay de nuevo? Madrid: Morata.

PROTOTIPO ROBOTICO PARA APLICACIONES DE CONTROL Y VISIÓN POR COMPUTADORA

Masetti, Augusto; Terissi, Lucas; Gómez, Juan Carlos

Laboratorio de Sistemas Dinámicos y Procesamiento de Señales

FCEIA, UNR, CIFASIS-CONICET

augmas15@gmail.com {lterissi, jcgomez}@fceia.unr.edu.ar

RESUMEN

En el artículo se describe un robot diseñado y desarrollado por un estudiante en el contexto de una adscripción de Ingeniería Electrónica. Este robot está compuesto por tres ruedas, dos de ellas pueden ser controladas independientemente y la tercera se utiliza para la estabilidad. El robot también incluye una cámara web equipada con control panorámico y de inclinación. Este trabajo trata la aplicación de un prototipo útil para la investigación académica las áreas de Visión por Computadora y Dinámica de Sistemas de Control. Se presentan las etapas de diseño y construcción del mismo así como varias aplicaciones de utilidad del robot y sus diferentes metodologías de operación y utilización.

PALABRAS CLAVE

Robótica, Visión por computadora, Control de sistemas dinámicos.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de vehículos autónomos y tele-operados, incluidos los de ruedas, vehículos de patas, submarinos y aéreos, para aplicaciones de robótica se ha convertido en un importante tema de investigación durante las últimas décadas. La robótica móvil tiene aplicaciones en varios campos, como militar, médico, espacial, de entretenimiento y campos de electrodomésticos. En esas aplicaciones, se utilizan robots móviles para realizar tareas complicadas que requieren navegar en ambientes interiores y exteriores con la mínima (o ninguna) interacción humana. Existe una gran variedad de aplicaciones descritas en la literatura, por ejemplo, para la reconstrucción del sitio (Reed 2000)(Blaer 2009), la inspección (Chen 2004)(Dunn 2014), reconocimiento de objetos (Ruiter 2010)(Farshidi 2009), modelización (Chen 2005) (Li 2005), vigilancia (Sivaram 2009) (Bottino 2009), seguimiento (Barreto 2010) y búsqueda (Shubina 2010), así como para la manipulación y ensamblaje robótico, localización y mapeo (Yousif 2015), planificación de ruta (Zhang 2009) (Baumann 2008), navegación (English 2014) y exploración. En la mayoría de estas aplicaciones, estrategias de control para mover el robot apropiadamente en el escenario, y técnicas de visión artificial para interpretar el entorno que lo rodea, son tareas cruciales. En este documento se presenta la descripción de un simple robot con ruedas, desarrollado en contexto de una carrera de Ingeniería Electrónica. Este robot está compuesto por tres ruedas, donde dos de ellas se pueden controlar de forma independiente y la tercera se usa para la estabilidad. El robot también incluye una cámara web con control de panorámica e inclinación. El enfoque principal de este trabajo es la implementación de un prototipo que podría ser utilizado para la investigación académica en las áreas de Control y Visión por Computadora.

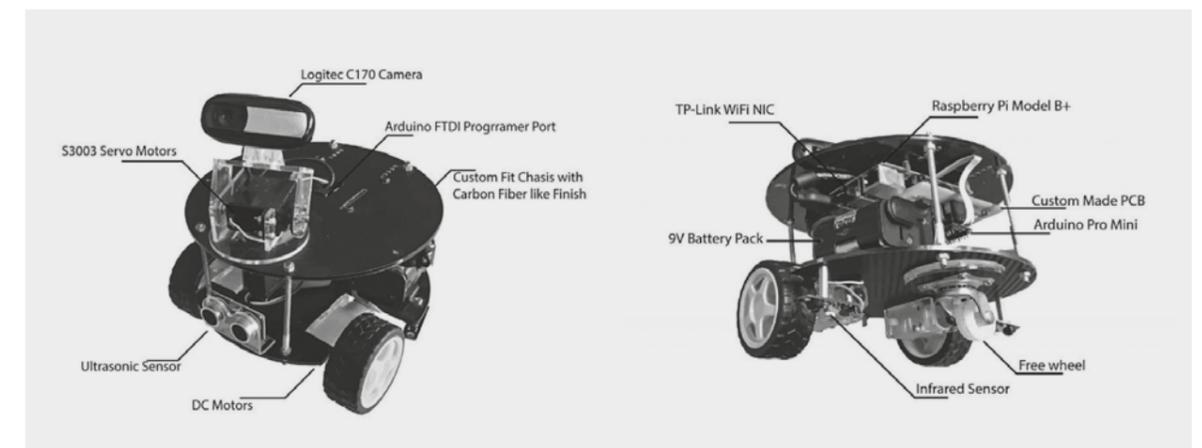


Figura 1. Imagen del robot.

El resto de este documento está organizado de la siguiente manera. En la sección 2 se presentan el desarrollo físico la inscripción y los componentes eléctricos del robot. En la sección 3 se describen las conexiones y los protocolos de comunicación entre los componentes eléctricos. La Sección 4 presenta algunos ejemplos de algoritmos de visión por computadora ya implementados en el robot. Finalmente, se hacen algunas observaciones finales en sección 5.

2. DESCRIPCIÓN DEL ROBOT

El robot, que se muestra en la Fig. 1, se compone de un chasis cilíndrico formado con dos partes acrílicas con forma de discos. Estos discos fueron diseñados utilizando software CAD y se unieron juntos por seis varillas roscadas de metal con sus respectivas tuercas hexagonales. El chasis aloja la electrónica y tiene dos soportes en la parte superior para montar y mover la Cámara. El robot tiene tres ruedas, dos en la parte posterior que se pueden controlar independientemente, y una rueda volante en la parte delantera incluida por razones de estabilidad. Las dos ruedas son impulsadas por dos motores DC con una caja de engranajes y los soportes por dos servomotores S3003 para panoramizar e inclinar la cámara. En cuanto a los dispositivos electrónicos, el robot incluye una Raspberry Pi (modelo B +), una placa Arduino (Pro Mini 5v @ 16MHz), una cámara Logitech y un Dongle TP-Link WiFi. La Raspberry Pi controla todos los periféricos del robot, como las ruedas, los movimientos de la cámara, la conexión WiFi y adquisición de imágenes. También proporciona la interfaz para controlar el robot a través de un Secure Shell Service (SSH). El Arduino se usa para generar y enviar la señal con modulación de ancho de pulso (PWM) para controlar los motores de CC y Servos. La placa incluye puertos para la conexión de un controlador FTDI para programarlo. El robot también incluye un banco de alimentación USB, un paquete de batería de 9V y una placa de circuito impreso hecho a medida (PCB) con regulador de 5v y controlador de motor de CC. El costo aproximado del robot es US \$ 120. Desde el lado del usuario, se puede acceder al robot a través de una conexión WiFi. De acuerdo a la representación esquemática de la figura 2 (a), el robot tiene un servicio de transmisión de imágenes para acceder en tiempo real a las imágenes adquiridas por la cámara, y una comunicación SSH para controlarlo. El robot puede ser empleado para realizar procesamiento a bordo, por ejemplo, siguiendo una trayectoria predefinida y reconociendo diferentes objetos en la escena. En este caso, como se representa esquemáticamente en Fig. 2 (b), la rutina de procesamiento correspondiente se puede cargar y ejecutar en la computadora Raspberry Pi. Además, el robot puede controlarse de forma remota, por ejemplo para aplicaciones de visión por computadora con alta carga computacional, como navegación automática basada en imágenes. En este caso, la rutina de procesamiento de imágenes se puede ejecutar en una computadora remota, recibiendo las imágenes del robot, y devolver los comandos correspondientes para controlar las ruedas o la posición de la cámara. La autonomía es de alrededor de 8 horas.

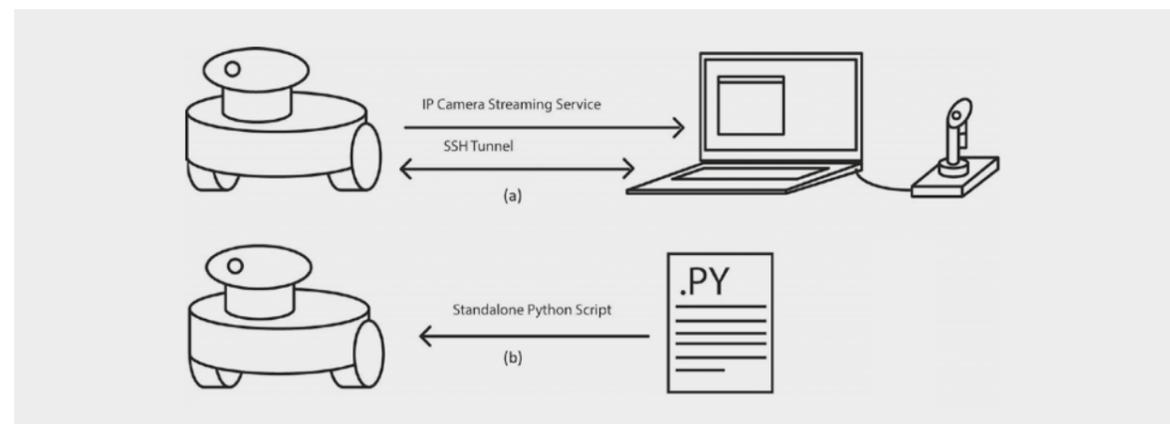


Figura 2. Esquemática mostrando los diferentes modos de operación del robot. (a) Modo de interacción usuario-robot. (b) Operación Stand-alone.

3. DIAGRAMA DE CONEXIONES

3.1. Conexiones Eléctricas

Con el fin de mantener ordenadas las conexiones eléctricas, se diseñó una PCB personalizada desarrollada con el software Eagle CAD. Esta PCB, que se muestra en la Fig. 3, contiene el Arduino, el regulador 5v y el controlador de motor DC. Se conecta con el Raspberry Pi como "Shield" o "Hat" a través del GPIO, adaptando el voltaje entre ellos. El Arduino tiene niveles lógicos de 5v mientras que el Raspberry Pi tiene niveles lógicos de 3.3v, por lo tanto, una conexión directa entre ellos no es posible sin algún tipo de mediación. Por esa razón, la PCB contiene dos resistencias que actúan

como un divisor de voltaje que transforma las señales TTL de 5v del Arduino en señales 3.3v apropiadas para la Raspberry Pi. El Arduino está conectado al Driver del Motor a través de la PCB para enviar las señales PWM para controlar los motores de CC y servo. La placa Arduino está incluida en el robot debido a que la Raspberry Pi es bastante inestable cuando se producen señales PWM. Por lo tanto, el Arduino es exclusivamente utilizado para generar cuatro señales PWM, dos para controlar las ruedas y dos para controlar los Servomotores. La placa Arduino tiene 6 pines digitales para generar señales PWM de 8 bits. En la mayoría de las placas Arduino, cuando se usan las bibliotecas servo estándar los pines están deshabilitados, en este caso los pines 9 y 10. Se usaron los pines PWM (3, 5, 6 y 11) restantes. El Raspberry Pi está conectado al Dongle TP-Link WiFi y a la cámara Logitech a través de sus puertos USB integrados. El paquete de batería 9v está directamente conectado a la PCB para una regulación posterior a 5v, para alimentar el Arduino, el Driver de Motores DC y los Servos. Solo los motores DC se alimentan directamente de la Batería de 9v.

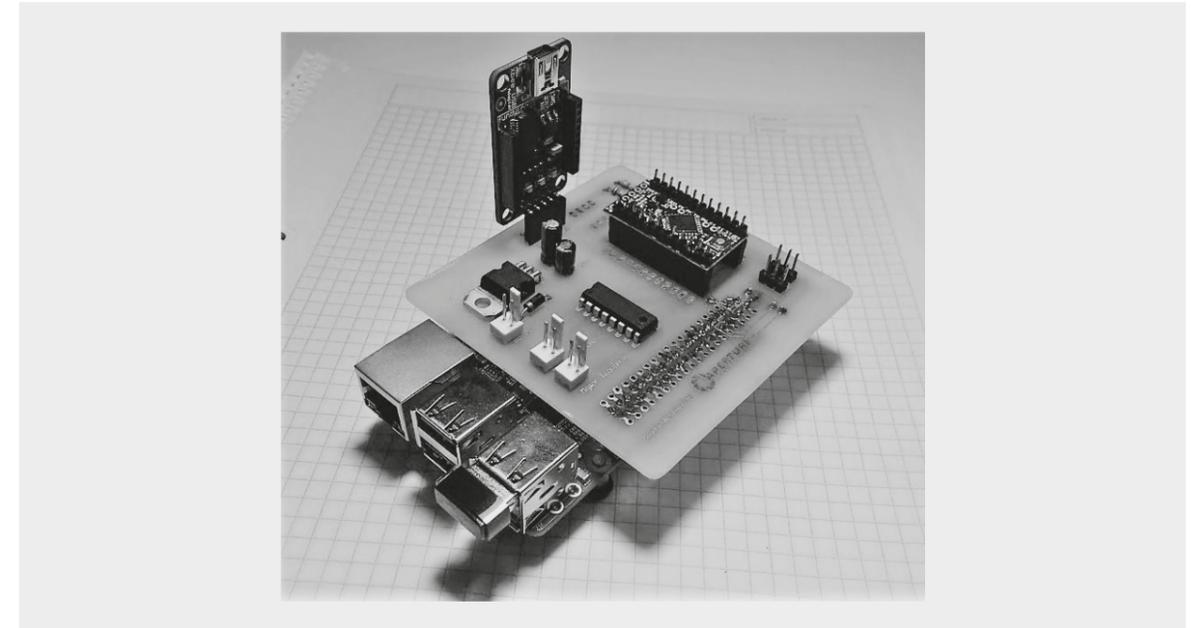


Figura 3. Imagen de la PCB.

3.2. Comunicaciones

El Robot puede trabajar usando el procesamiento a bordo en la computadora Raspberry Pi, pero fue diseñado para permitir el procesamiento en una computadora remota. La principal razón de esto es que la velocidad de la Raspberry Pi para procesar imágenes es muy baja. Por lo tanto, habrá una latencia para la actuación que no se puede resolver con sistemas embebidos tradicionales. Una forma de resolver este problema es procesar los datos fuera del robot y comunicarle los parámetros de actuación necesarios, para que el robot reaccione a esos datos. Por lo tanto, el robot tiene un Dongle WiFi y un programa daemon que permite que los dispositivos se conecten a través de SSH también como conectarse a una red conocida para control remoto a través de internet. También el Robot tiene un servicio de cámara IP que se puede ejecutar a través de su terminal. La tarea demonio del enrutador WiFi comienza en la etapa de inicio de la Raspberry Pi. Este punto de acceso WiFi tiene un rango de operación de unos 20 metros sin paredes en entre dispositivos conectados. A través de él, el robot se conecta a otros dispositivos a través de SSH y la comunicación está asegurada por el protocolo WPA2, sin nombres de usuario o contraseñas harcodeadas. Se puede acceder a la cámara web a través del servicio de cámara IP que se puede iniciar, como se mencionó anteriormente, después de la secuencia de arranque por un dispositivo conectado a través de la terminal. Este servicio es una versión compilada particular del Servicio Mjpeg-Streamer para Raspberry Pi, que originalmente estaba destinado para otros dispositivos corriendo Unix. Esto permite una adquisición de imagen de baja latencia a 60 fps con una resolución de 640x480 píxeles, hasta una resolución de 1080x720 píxeles con una latencia de 300 mseg. En este robot, la cámara se fija a una resolución de 640x480 píxeles. Una vez que se establece una conexión, el robot se puede controlar a través de comandos shell y se puede acceder a la cámara a través de un navegador web o se pueden obtener sus imágenes mediante una request al servidor. El Raspberry Pi y el Arduino se comunican a través de un protocolo serie basado en paquetes de datos de longitud fija. El Raspberry Pi transmite mensajes de 8 bytes de longitud, codificados como se ilustra en la figura 4, al Arduino para controlar el movimiento de las ruedas y la cámara. El mensaje comienza con el carácter ASCII 'S', y termina con el carácter '*'. Los siguientes dos bytes, referidos en la Fig. 4 como P y T, indican los ángulos de Pan y Tilt para los Servos. Los siguientes dos bytes en el mensaje se utilizan para indicar la velocidad y dirección de rotación de la rueda

izquierda. El primer byte (LS) representa la velocidad en un rango de 0 a 255, que indica el ciclo de trabajo de la onda PWM, siendo 255 su máximo para una onda continua. El ciclo de trabajo del PWM determina la velocidad de cada motor individual mediante la conexión o desconexión de los transistores dentro del Driver de Motor, que es esencialmente un H-Bridge. El segundo byte (LD) indica si la rueda izquierda debe avanzar (LD = 1), hacia atrás (LD = 2) o no mover en absoluto (LD = 0). Los últimos dos bytes del mensaje (RS y RD) indican la velocidad y la dirección de la rueda derecha, de manera similar a LS y LD para la izquierda rueda, respectivamente. Cualquier mensaje con menos o más de 8 bytes será descartado por el Arduino. Por ejemplo, enviar un mensaje con valores [S, 80, 150, 255, 1, 255, 1, *] impulsará el Robot hacia delante a velocidad máxima con la cámara mirando hacia adelante hasta que se reciba el siguiente comando, o se alcanza un tiempo de espera de un segundo, después del cual el robot detendrá todo el movimiento manteniendo las posiciones actuales de los Servos. En la figura 5, una representación esquemática que resume la conexión entre los diferentes dispositivos electrónicos del robot.

S	— Package start = 'S' (ASCII character)
P	— Camera Pan = 0~255 (8 bit unsigned int)
T	— Camera Tilt = 0~255 (8 bit unsigned int)
LS	— Left Motor Speed = 0~255 (8 bit unsigned int)
LD	— Left Motor Direction = [0, 1, 2] (8 bit unsigned int)
RS	— Right Motor Speed = 0~255 (8 bit unsigned int)
RD	— Right Motor Direction = [0, 1, 2] (8 bit unsigned int)
*	— Package end = '*' (ASCII character)

Figura 4. Protocolo de comunicación entre el Raspberry Pi y el Arduino. Descripción de la información contenida por paquete.

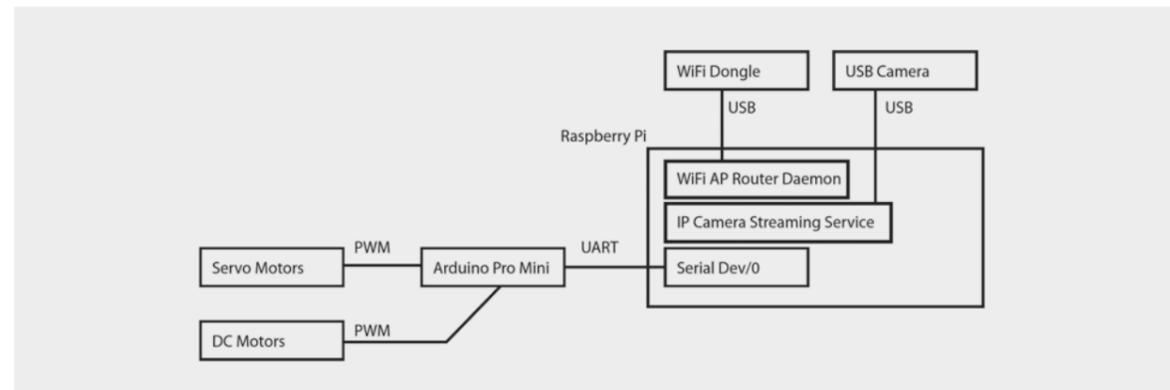


Figura 5. Esquemática representando la comunicación entre las partes que componen el robot.

4. IMPLEMENTACIONES

En esta sección, se describen algunos ejemplos de aplicaciones ya implementadas en el robot.

4.1. Control por Joystick

Uno de los usos más típicos de los robots móviles es en aplicaciones de telepresencia, en el que el usuario puede ver un lugar remoto con una latencia relativamente baja y moverse a su alrededor en tiempo real. Para este propósito, un script de Python para ser ejecutado en una computadora remota fue desarrollado. Este script contiene dos hilos, uno para leyendo los eventos desde un Joystick USB (ver Fig. 6), y el otro para enviar la información de control hacia el robot y para visualizar las imágenes de la cámara. Se empleó una biblioteca llamada Paramiko para crear un túnel SSH desde la PC al robot. Las imágenes se recuperan a través de una del servicio de streaming de Cámara IP. Luego, las imágenes se muestran en tiempo real usando Matplotlib. Los movimientos laterales del joystick controlan la relación de velocidad entre los dos Motores de CC, lo que permite dirigir el robot en la dirección deseada. La velocidad del

robot está controlada por los movimientos verticales del joystick. Esto permite mover el robot hacia adelante y hacia atrás. Además, otro botón de encendido y apagado del joystick se usa para realizar una parada segura del robot. Si este botón no está presionado, la información de control vertical y horizontal del joystick se pasa por alto, y así el robot no se mueve en absoluto. Para controlar los ángulos de paneo e inclinación de la cámara, se usa un D-Pad incluido en el joystick. Un video que muestra cómo se controla el robot utilizando este joystick se puede ver en el siguiente enlace (<https://tinyurl.com/k6czycq>)



Figura 6. Joystick usado para controlar el robot.

4.2. Seguimiento de Rostro

Otro script de Python fue desarrollado para rastrear el movimiento de la cara de una persona con la cámara, controlando los soportes Servo adecuadamente. Esta aplicación se ejecuta en una computadora remota, y también hace uso de paramiko para la comunicación con el robot, y la biblioteca Matplotlib para mostrar las imágenes de la Cámara. Para esta implementación, se utilizó la biblioteca OpenCV para procesar las imágenes de la cámara, para detectar y estimar la posición de las caras en las imágenes. Para esta tarea se empleó el conocido algoritmo de detección de rostros Viola-Jones (Viola 2001), basado en características similares de Haar. Como se muestra en la Fig. 7, este método dibuja un cuadro delimitador para cada rostro detectado en la imagen. La idea es mover la cámara para centrar la cara en la imagen.



Figura 7. Ejemplo de detección de rostro.

Para cada imagen de la cámara, el algoritmo calcula la posición relativa desde la cara al centro de la imagen y mueve los Servos en concordancia. Los movimientos de los Servos para panear e inclinar la cámara son proporcionales a la distancia de la cara al centro de la imagen, y al tamaño de la cara en la imagen. Si la cara que se va a rastrear está lejos de la cámara, su tamaño en la imagen será bastante pequeña en comparación con el caso de estar más cerca de la cámara.

Por lo tanto, los ángulos de panoramización e inclinación serán diferentes, aunque la distancia entre el centro de la cara y la imagen será la misma para cada caso. Además, para evitar oscilaciones constantes alrededor de la cara, se definen cuatro límites alrededor del centro de la imagen. Si el centro de la cara está dentro de esos límites, el robot dejará de mover la cámara hasta que la cara se detecta fuera de él. Si se detectan más de una cara en la imagen, el algoritmo rastreará la que está más cerca de la cámara, es decir, el que está representado con un cuadro delimitador más grande. Un video que muestra cómo el robot rastrea una cara se puede ver en el siguiente enlace (<https://tinyurl.com/k6czycq>)

4.3. Control por Smartphone Android

Otra forma de controlar el robot es mediante un teléfono Android con una aplicación. En este caso, la aplicación Java maneja la conexión SSH al robot y permite controlarlo sin necesidad de una PC o un Joystick. La interfaz gráfica de usuario, representada en la Fig. 8, consiste en botones para establecer la conexión y habilitar el servicio de cámara IP, y un D-Pad



Figura 8. Ejemplo de aplicación Android para control del robot.

4.4. Detección de códigos QR

También se implementó una secuencia de comandos de Python para detectar y leer los códigos QR en el robot. El algoritmo puede leer e reportar la información, incluida en el código QR, a través del terminal o escribiéndolo en imágenes transmitidas por el robot, como se muestra en la Fig. 9. Este algoritmo también es capaz de determinar la ubicación de la misma en la imagen. Esto potencialmente puede permitir otras tareas más sofisticadas, como inventario automático en un almacén o una fábrica sin la necesidad de un humano operador. La información incluida en el código QR también podría usarse para indicar el robot para realizar diferentes tareas, por ejemplo, para moverse a una posición determinada, o para analizar un objeto particular en la escena marcada con un código QR.



Figura 9. Ejemplo de detección de código QR.

5. CONCLUSIONES

En este documento, se describe el diseño y la construcción de un robot prototipo útil para investigación en las áreas de Visión por Computadora y Control de Sistemas Dinámicos. El robot fue completamente diseñado y desarrollado por un estudiante en el contexto de la carrera de Ingeniería Electrónica. Este robot está compuesto por tres ruedas, dos de ellos se pueden controlar de forma independiente y la tercera se usa para estabilizar el robot, también incluye una cámara web provista de control de giro e inclinación. En este documento se describieron las principales características del robot. El robot puede operar en modo autónomo o puede ser controlado de forma remota. Algunas aplicaciones ya implementado en el robot fueron presentadas.

REFERENCIAS

- Barreto, J., Perdigoto, L., Caseiro, R., Araujo, H. (2010).** Active stereo tracking of $n \geq 3$ targets using line scan cameras. *IEEE Transactions on Robotics* 26, 442-457.
- Baumann, M., Leonard, S., Croft, E., Little, J. (2008).** Path planning for improved visibility using a probabilistic road map. *IEEE Transactions on Robotics* 26, 195-200.
- Blaer, P., Allen, P. (2009).** View planning and automated data acquisition for three-dimensional modeling of complex sites. *Journal of Field Robotics* 26, 865-891.
- Bottino, A., Laurentini, A., Rosano, L. (2009).** A new lower bound for evaluating the performances of sensor location algorithms. *Pattern Recognition Letters* 30, 1175-1180.
- Chen, S., Li, Y. (2004).** Automatic sensor placement for model-based robot vision. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)* 34, 393-408.
- Chen, S., Li, Y. (2005).** Vision sensor planning for 3-D model acquisition. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)* 35, 894-904.
- Dunn, E., Olague, G., Lutton, E. (2006).** Parisian camera placement for vision metrology. *Pattern Recognition Letters* 27, 1209-1219.
- English, A., Ross, P., Ball, D., Corke, P. (2014).** Vision based guidance for robot navigation in agriculture. *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)* pp. 1693-1698.
- Farshidi, F., Sirouspour, S., Kirubarajan, T. (2009).** Robust sequential view planning for object recognition using multiple cameras. *Image and Vision Computing* 27, 1072-1082.
- Sivaram, G., Ramakrishnan, K. (2009).** Design of multimedia surveillance systems. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications* 35(23).
- Li, Y., Liu, Z. (2005).** Information entropy-based viewpoint planning for 3-D object reconstruction. *IEEE Transactions on Robotics* 21, 324-337
- Reed, M., Allen, P. (2000).** Constraint-based sensor planning for scene modeling. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 22, 1460-1467.
- Ruiter, H. D., Mackay, M., Benhabib, B. (2010).** Autonomous three-dimensional tracking for reconfigurable active-vision based object recognition. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* 224(B3), 343-360.
- Shubina, K., Tsotsos, J. (2010).** Visual search for an object in a 3D environment using a mobile robot. *Computer Vision and Image Understanding* 114, 535-547.
- Viola, P., Jones, M. (2001).** Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. In *Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* 1, 511-518.
- Yousif, K., Bab-Hadiashar, A., Hoseinnezhad, R. (2015).** An overview to visual odometry and visual slam: Applications to mobile robotics. *Intelligent Industrial Systems* 1(4), 289-311.

Zhang, G., Ferrari, S., Qian, M. (2009). An information roadmap method for robotic sensor path planning. *Journal of Intelligent and Robotic Systems* 56, 69-98.

ARTICULACIÓN DE ESTRATEGIAS EDUCATIVAS EN MECÁNICA CLÁSICA Y RELATIVIDAD

Menchón, Rodrigo E.; Manuel, Luis O.; Navone, Hugo D.

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura UNR; ² Instituto de Física de Rosario (CONICET-UNR)

manuel@fir-conicet.gov.ar

RESUMEN

Mecánica Clásica y Relatividad es una unidad curricular del primer cuatrimestre del tercer año de las carreras Profesorado en Física y Licenciatura en Física; pertenece al ciclo superior y como tal retoma conocimientos de Mecánica vistos en el ciclo básico y los reelabora a partir de nuevos formalismos (Lagrangiano y Hamiltoniano) y de nuevos referentes teóricos (Mecánica Relativista). La asignatura representa un espacio crucial en la apropiación de nuevas ideas y conceptos y, dada su inherente complejidad, constituye una oportunidad para la construcción de competencias relacionadas con el trabajo grupal, la comunicación y comprensión humana y la re-creación colectiva de una visión integral acerca de este campo del conocimiento y de su relación con otros. Desde esta perspectiva, se diseñaron e implementaron diversas estrategias y dispositivos, tales como: técnicas grupales, análisis de textos, resolución grupal de problemas, contextualizaciones socio-históricas y epistemológicas, reflexión crítica acerca de la propia disciplina y resolución de problemas-desafío. La evaluación de esta propuesta, relevada a partir de impresiones de los participantes, nos indica que promueve la apropiación técnica, práctica y crítica de conceptos, que da respuesta a necesidades e inquietudes genuinas de los participantes y que contribuye al desarrollo de las competencias anteriormente mencionadas.

PALABRAS CLAVE

Mecánica clásica y relatividad, Estrategias didácticas, Formación docente, Naturaleza de la ciencia.

1. INTRODUCCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN

Mecánica Clásica y Relatividad es una unidad curricular del primer cuatrimestre del tercer año de las carreras de Profesorado en Física y de Licenciatura en Física que se dictan en la Universidad Nacional de Rosario. Es la primera asignatura del trayecto de Física Teórica del ciclo superior prevista en ambos diseños curriculares. Como tal, retoma conocimientos de Mecánica vistos en el ciclo básico (Introducción a la Física, Introducción a la Ciencia, Física I) y los reelabora a partir de nuevos formalismos (Lagrangiano y Hamiltoniano), y de nuevos referentes teóricos (Mecánica Relativista).

Esta asignatura, además, es una de las últimas unidades curriculares que cursan en forma conjunta los estudiantes de las carreras mencionadas. En este sentido, consideramos que representa un espacio crucial para el intercambio y la apropiación de nuevas ideas y conceptos, tanto desde el contexto disciplinar específico –esto es, desde la construcción del conocimiento en Física–, así como desde el campo educativo –en donde Física es la disciplina de referencia. Desde esta perspectiva de análisis, y dada la inherente complejidad de este territorio disciplinar, interpretamos que representa una oportunidad para la construcción crítica de competencias (Navone et al., 2017) relacionadas con el trabajo grupal y en equipo, la comunicación y comprensión humana y la re-creación colectiva de una visión integral acerca de este campo del conocimiento y de su relación con otros. En términos metodológicos, se trata de una conjetura que formulamos desde el paradigma de investigación-acción educativa en el que se inscribe este trabajo, y que establecemos en términos de hipótesis interpretativa con el propósito explícito de transformarla en una hipótesis-acción (Yuni y Urbano, 2005). Por supuesto, no se trata de hipótesis a ser probadas, sino que, en términos de una investigación de carácter exploratorio (Ynoub, 2007), guiarán nuestras acciones con el propósito de introducir cambios o mejoras en nuestras propias prácticas de la enseñanza, actualizando interrogantes y marcos interpretativos en su desarrollo (Anderson y Herr, 2007).

Jürgen Habermas (2009), en su obra de 1965 “Conocimiento e interés”, presenta un esquema a través del cual es posible repensar y clasificar las distintas categorías, disciplinas y abordajes que constituyen el conocimiento humano. Así, distingue tres intereses cognitivos fundamentales: el interés técnico, característico de las ciencias empírico-analíticas; el interés práctico, organizado en las ciencias histórico-hermenéuticas –sociales y humanas–; y el interés emancipador que, como generador de teorías críticas, promueve la desalienación, la identificación de naturalizaciones y la liberación de dependencias dogmáticas a partir de procesos autorreflexivos y dialógicos (Barco, 2010; Anderson y Herr, 2007; Yuni y Urbano, 2005). En correspondencia con este marco teórico, Shirley Grundy plantea en 1987 la existencia de tres tipos de currículum –técnico, práctico y emancipador– con características análogas a los intereses cognitivos propuestos por Habermas y advierte

que, mientras los dos primeros se excluyen mutuamente, el emancipador se presenta como una alternativa superadora.

Si bien la realización de un estudio exhaustivo que permita establecer las características del diseño y desarrollo curricular de las carreras de Profesorado en Física y de Licenciatura en Física de la Universidad Nacional de Rosario excede ampliamente a los alcances de este trabajo, consideramos que es posible delinear un primer análisis descriptivo de los mismos tomando como unidad de referencia al plan de estudios del Profesorado en Física. En este caso, sobre un total de 33 módulos curriculares cuatrimestrales –considerando dos módulos cuatrimestrales por cada asignatura anual–, 20 de ellos se inscriben en el campo disciplinar específico y, por lo tanto, responden naturalmente, siempre en términos de Habermas (2009) y Grundig (1987), a un interés cognitivo de carácter técnico. Se advierte, además, que si bien en los 13 módulos restantes –relacionados con el campo de las ciencias sociales y humanas, incluyendo a los trayectos de práctica de la enseñanza– responden naturalmente a otros intereses cognitivos, esto no necesariamente sucede en todos los casos. Si realizamos el mismo análisis sobre el diseño de la Licenciatura en Física, rápidamente notamos que el interés técnico es el que parece predominar en todos los módulos curriculares, parecer que puede transformarse en evidencia empírica al considerar la propia experiencia docente y nuestra participación institucional en diversos ámbitos: construcción y modificación de diseños curriculares, actualización de planes de estudio, cursos de formación docente, trabajo en consejos asesores docentes, diálogos informales entre colegas y estudiantes, concursos docentes, entre otros registros que permiten sustentar esta hipótesis interpretativa. Si bien consideramos que es posible la existencia de un currículum emancipador en cualquier unidad curricular –aún en aquellas que se inscriben con mayor ahinco en el campo disciplinar específico–, en opinión de los autores, éste no parece ser nuestro caso, al menos por ahora. Por lo tanto, en esta primera aproximación al problema, interpretamos que en nuestras carreras predomina actualmente un currículum basado en intereses cognitivos de carácter técnico.

Teniendo en cuenta las carencias y problemas asociados a este tipo de currículum: descontextualización de la tarea educativa, alienación y reproducción acrítica de contenidos, prevalencia de objeto sobre sujeto, preponderancia de resultados sobre procesos, aislamiento y posposición de dilemas morales, ausencia de reflexión ética, desconocimiento de las ambigüedades, conflictos y contradicciones presentes en toda intervención educativa (Contreras Domingo, 1994); en este trabajo se presenta el diseño e implementación de estrategias y dispositivos que reúnen características de un currículum emancipador a fin de poder subsanar, al menos parcialmente, algunas de estas dificultades; incorporando las dimensiones educativa, humana y socio-crítica en el desarrollo curricular de Mecánica Clásica y Relatividad.

2. ESTRATEGIAS, DISPOSITIVOS Y RECURSOS

2.1. Evaluación diagnóstica y técnicas de iniciación grupal

Mecánica Clásica y Relatividad es la unidad curricular que representa simbólicamente la transición entre los ciclos básicos y superior de las carreras de Licenciatura en Física y de Profesorado en Física, demandando un mayor esfuerzo de abstracción respecto de las asignaturas previas. Teniendo en cuenta esto, consideramos que es imprescindible el diseño de dispositivos y estrategias que permitan realizar un acompañamiento adecuado de este proceso educativo desde el mismo inicio de las actividades.

Si bien en carreras que suelen tener pocos estudiantes, como las nuestras, es muy común escuchar que “todos se conocen”, adoptar este presupuesto de partida para la tarea docente es, por lo menos, muy apresurado. Esta creencia, muchas veces, introduce una serie de sesgos en el desarrollo de las asignaturas que pueden dificultar el trabajo educativo al confundir, por ejemplo, este pretendido conocimiento grupal con el clima de confianza –y de autoconfianza– necesario para abordar procesos de regulación y de autorregulación de aprendizajes, máxime cuando se introducen estrategias de evaluación formativa y de interacción dialogada (Anijovich y Cappelletti, 2017). En este sentido, consideramos que resulta imprescindible abordar dos desafíos iniciales: (1) conformar un grupo-clase en donde los participantes perciban claramente un clima de trabajo basado en sentimientos de respeto, empatía y confianza, que posibilite el reconocimiento de méritos y de dificultades transitorias, tanto en uno mismo como en otros, y (2) promover procesos amables de compensación y de re-construcción de saberes y de competencias, sin perder de vista las historias singulares de los participantes.

A los efectos de poder abordar simultáneamente los desafíos mencionados, hemos diseñado un dispositivo que recurre a una técnica de presentación grupal. Básicamente, se invita a los participantes a dialogar con el compañero más cercano a los efectos de responder individualmente la siguiente serie de interrogantes que adquiere la forma de entrevista o reportaje: *¿qué entendés por Mecánica?, ¿qué temas o conceptos de Mecánica son los que más te gustaron?, ¿qué temas o conceptos de Mecánica te resultaron difíciles de comprender? ¿cuáles temas te gustaría ver en esta materia?* Luego, cada participante presenta a su compañero contando lo que ha respondido para cada interrogante formulado. Por supuesto, la entrevista es abierta y los participantes pueden incluir todo tipo de comentarios relacionados con las preguntas que se realizan. De esta manera, se promueve el diálogo y la escucha, se relevan conocimientos previos y expectativas, y se

comienza a construir un clima de trabajo que contribuye a desarrollar sentimientos de seguridad, de confianza y de pertenencia grupal. Los docentes intervienen oportunamente durante todo el desarrollo de la actividad, cuando lo consideran necesario o cuando les es requerido por los participantes.

Esta primera etapa de trabajo, también posibilita que el equipo docente realice una evaluación inicial del grupo, desplegando acciones de regulación de aprendizajes desde el comienzo mismo de la asignatura y promoviendo al mismo tiempo en los participantes procesos de reflexión y de autorregulación crítica del propio aprendizaje.

Resulta importante destacar que la presencia de dispositivos de evaluación diagnóstica y formativa es aún escasa en nuestras comunidades de práctica, prevaleciendo, en general, racionalidades de tipo técnico instrumental que, desde una perspectiva tradicional acerca de la enseñanza y de la evaluación, privilegian los resultados “medibles” con intencionalidad sumativa (Anijovich y Cappelletti, 2017). Desde este lugar, consideramos que nuestra propuesta es humildemente innovadora, ya que pretende contribuir, en términos relativos y locales, a enriquecer los procesos de enseñanza y evaluación aportando nuevos enfoques.

2.2. Análisis y lectura de prefacios de libros

El interés técnico, usualmente desplegado en el desarrollo de clases de tipo tradicional y expositivas, en donde la teoría se aísla de la práctica, y en donde la propia práctica se asume implícitamente como aplicación de la teoría, fomenta en los estudiantes el desempeño de un rol pasivo en la construcción del propio aprendizaje, en donde lo activo queda pospuesto para un tiempo en donde los contenidos sean “mejor entendidos”, tiempo usualmente cercano a evaluaciones parciales y finales, estrechamente asociadas con el proceso de acreditación de la unidad curricular.

Teniendo en cuenta esto, y con la intención pedagógica focalizada en que los estudiantes internalicen que ellos son participantes activos en la construcción de su propio conocimiento, se decidió implementar una estrategia de trabajo en donde se invierte el usual esquema de presentación de las obras de referencia de la asignatura. Para ello, se divide al curso en grupos y se asigna a cada uno de ellos la lectura y análisis de un prefacio correspondiente a un libro de la bibliografía de Mecánica Clásica. El propósito de la actividad es promover la interacción crítica entre las posiciones de los autores y las interpretaciones derivadas de la propia perspectiva de los participantes construida a partir de experiencias educativas previas en el campo de la Mecánica. Para ello, en una instancia posterior, se lleva a cabo la puesta en común de las impresiones de cada grupo, mientras, simultáneamente, los docentes sintetizan en el pizarrón las producciones de los grupos con el objetivo de construir un esquema que permita visualizar descripciones, ideas previas y creencias en torno al campo de la Mecánica. De esta manera, se promueven interacciones dialogadas, se asume una actitud crítica acerca del campo de conocimiento y de los propios conocimientos y, también, se propone un análisis reflexivo sobre las prácticas de la enseñanza asociadas con el mismo, intentando develar las concepciones y teorías en uso (Anijovich et al., 2014).

2.3. Contextualizaciones socio-históricas y epistemológicas

Si nos detenemos a pensar una vez más acerca de las características del enfoque técnico aplicado a los procesos de enseñanza, seguramente podemos acordar que los contenidos vinculados a las Ciencias Sociales y Humanas relacionados con las temáticas que se abordan en asignaturas como Mecánica Clásica, están muy poco presentes o directamente ausentes. Desde este punto de vista, y acordando con diversos estudios y autores que coinciden en señalar la importancia que tiene la contextualización de los contenidos disciplinares en términos socio-históricos y epistemológicos, se ha optado por incorporar al desarrollo curricular de Mecánica Clásica y Relatividad aspectos que hacen a la Naturaleza de la Ciencia, en general, y a la naturaleza de este campo disciplinar, en particular; situando todo esto en el contexto más amplio de las relaciones que se trazan entre Ciencia, Tecnología y Sociedad (Acevedo Díaz y García Carmona, 2016; Vázquez Alonso, Acevedo Díaz y Manassero Mas, 2004). También, durante el desarrollo de cada temática se explicitan sus posibles relaciones con otras unidades curriculares y, además, con campos de trabajo de carácter disciplinar e interdisciplinar, siempre que esto sea posible. Nuestro propósito, es hacer entrar en juego, una vez más y de diversas maneras, la conexión entre conocimiento e interés (Habermas, 2009), apelando siempre a la reflexión crítica mediante la interacción dialogada y formativa entre todos los participantes (Anijovich y Cappelletti, 2017).

2.4. Resolución grupal de problemas y puesta en común

En la implementación de un currículum de carácter técnico, es el docente quien usualmente monopoliza la palabra durante las clases y, aunque no lo parezca, lo hace también cuando él mismo hace preguntas o se hace preguntas. En cambio, en un currículum emancipador las clases se basan en la interacción dinámica entre acción y reflexión a través de la comunica-

ción activa entre todos los participantes, donde el aprendizaje es considerado un proceso social de construcción y de negociación de significados (Yuni y Urbano, 2005). Partiendo de estas premisas, durante todo el desarrollo de la asignatura muchas veces se trabaja en la resolución de problemas en grupos conformados por 3 o 4 estudiantes. Esta estrategia es acompañada por la socialización grupal de los procesos de resolución desarrollados por cada equipo de trabajo. En ambas instancias, se promueve el diálogo hacia el interior del grupo y entre todos los grupos, incluyendo al equipo docente que interviene oportunamente organizando el trabajo y ayudando cuando lo considera necesario y/o le es demandado. Consideramos que el despliegue de esta estrategia, cuando se realiza de la forma propuesta, genera procesos de implicación individual y de autorreflexión en la resolución de cada problema, además de promover una co-implicación grupal cuando se hacen las puestas en común, enriqueciendo cada una de las temáticas abordadas.

2.5. Discusión sobre espacio y tiempo en Mecánica Clásica no-relativista

La Mecánica se asienta sobre conceptos fundamentales, tales como: espacio, tiempo, movimiento, equilibrio, cuerpos materiales y masa, causalidad y determinismo, entre otros. Sin embargo, en el libro de texto de Mecánica Clásica que más ha ayudado a definir esta unidad curricular encontramos comentarios como el siguiente: *“En la mayor parte del libro, no vamos a analizar críticamente estos conceptos; en vez de ello, los supondremos términos no definidos cuyo significado es familiar al lector”* (Goldstein, 1980). A diferencia de lo que este autor nos propone, en nuestro caso consideramos necesario y fructífero un análisis crítico de los supuestos de los que parte la Mecánica.

Desde nuestro punto de vista, el trabajo educativo sobre los supuestos subyacentes en un campo disciplinar específico contribuye no sólo a pensar críticamente la propia disciplina y la relación de la misma con la cultura y la sociedad, sino que también implica el poder construir competencias para visibilizar e interpelar otros supuestos y creencias que impregnan toda nuestra experiencia vital.

Partiendo de estas premisas iniciales, se divide a los estudiantes en dos grupos de trabajo. A un grupo se le asigna la tarea de representar mediante un dibujo la noción de tiempo, mientras que al otro grupo se le propone describir sólo con palabras el concepto de espacio.

Cada estudiante resuelve individualmente la actividad y, luego, se realiza una puesta en común de las producciones, habilitando el diálogo y la reflexión crítica a partir de las interpretaciones de todos los participantes en torno a todo aquello que las producciones expresan y evocan.

A continuación, se realiza un breve recorrido histórico de los conceptos de espacio y tiempo recurriendo a definiciones de Platón, Aristóteles, Euclides de Alejandría, Heráclito de Éfeso, San Agustín de Hipona, Isaac Newton e Immanuel Kant, entre otros autores. Finalmente, se presentan y discuten colectivamente las propiedades del espacio y del tiempo, trazando relaciones con los supuestos que asume la Mecánica y explicitándolos. De esta manera, consideramos que se favorecen procesos de autoconciencia crítica al develar concepciones adoptadas y en uso, debilitando la hegemonía de las visiones meramente instrumentales, para adentrarnos en acciones de carácter emancipador a partir de la comunicación intersubjetiva entre todos los participantes (Yuni y Urbano, 2005; Contreras Domingo, 1994; Anijovich *et al.*, 2014).

2.6. Resolución de problemas-desafío

Si bien la resolución de problemas está continuamente presente durante todo el desarrollo curricular de la asignatura, se decidió plantear explícitamente como problema-desafío o problema-proyecto el estudio individual del péndulo cicloidal (Sommerfeld, 1952). Esta decisión didáctica está estrechamente ligada con lo desarrollado anteriormente, puesto que este dispositivo se encuentra históricamente vinculado con el origen de los relojes mecánicos en la Europa del siglo XVII.

Nuevamente, el proceso de resolución del problema se socializa en el grupo-clase y se propone la reflexión acerca de los alcances del invento del reloj mecánico, su necesidad, los avances en navegación y la consecuente dominación europea sobre comunidades alrededor del mundo; arribando, finalmente, a la discusión sobre la mecanización del tiempo humano. De esta manera, nuestro posicionamiento didáctico se aleja de la pretendida neutralidad que requiere la racionalidad técnica, al interpelar la relación entre conocimiento e interés desde reflexiones de carácter moral y ético (Contreras Domingo, 1994).

3. EVALUACIÓN CUALITATIVA Y CONCLUSIONES

La evaluación del impacto de la propuesta descrita se realizó en términos cualitativos, recurriendo a la observación

participante del equipo docente, a la observación no participante por parte de un miembro del equipo de investigación, y a los testimonios de algunos de los participantes obtenidos luego de finalizada la experiencia (Minayo, 2012; Scribano, 2008; Ander-Egg, 1995). Es importante destacar que en las técnicas de evaluación descriptas no existe una mediación instrumental; esto es, *“no hay un instrumento que físicamente separe al investigador de aquello que pretende conocer”* (Scribano, 2008), tal como sucede cuando se utiliza una encuesta o un cuestionario. También, resulta importante destacar que el acuerdo observado entre el registro de la observación no participante y el testimonio de algunos estudiantes posibilita, en primera aproximación, una triangulación de perspectivas, otorgando verosimilitud a las reflexiones e interpretaciones que nos es posible derivar respecto del impacto de la experiencia.

Desde este marco metodológico, entonces, y a partir de todo lo registrado encuentro tras encuentro, consideramos que es posible construir algunas afirmaciones de carácter interpretativo acerca de la estrategia de desarrollo curricular diseñada e implementada en la asignatura Mecánica Clásica y Relatividad. Estas afirmaciones se establecen aquí en términos de hipótesis interpretativas con el propósito de que puedan constituirse en hipótesis-acción para el diseño de futuras estrategias de desarrollo curricular, siempre en el contexto de un programa de investigación educativa basado en el paradigma de investigación-acción (Yuni y Urbano, 2005). Al respecto, consideramos necesario destacar que nos referimos siempre a “investigación educativa” y no a “investigación sobre educación”, puesto que el propósito que nos anima es mejorar y transformar nuestras propias prácticas de la enseñanza en términos relativos y locales, sin perder de vista que al comunicar nuestra propia experiencia, ésta puede ser tomada como un caso a tener en cuenta para la implementación de otras propuestas en otros escenarios educativos (Contreras Domingo, 1994). También, consideramos que resulta imprescindible puntualizar desde lo metodológico que, al tratarse de un proyecto de investigación de carácter exploratorio, las hipótesis interpretativas pueden establecerse al final, constituyendo un refinamiento y enriquecimiento de las conjeturas de partida utilizadas para guiar la acción (Ynoub, 2007).

Como primera hipótesis de carácter interpretativo consideramos que la estrategia propuesta promueve la apropiación técnica, práctica y crítica de conceptos al poner en juego aspectos disciplinares correspondientes al registro explicativo, característico del interés técnico-instrumental (empírico-analítico), junto a procesos de interpretación de perspectivas, enfoques y acciones, característico de las ciencias sociales y humanas (histórico-hermenéuticas), conjugando, a su vez, reflexiones y autorreflexiones de carácter ético, en donde se recurre a procesos dialógicos en donde se privilegia la acción comunicativa. Esta hipótesis se sustenta en el acuerdo de los observadores participantes y no participantes, y en las opiniones de los estudiantes que destacan simultáneamente la importancia de discutir sobre aspectos conceptuales, mientras se trabaja cuestiones filosóficas, históricas y epistemológicas, así como sobre las intencionalidades del desarrollo tecnocientífico o acerca de los posicionamientos de los autores de un libro de texto expuestos en un prefacio. En particular, algunos estudiantes destacan la importancia del diálogo y de la escucha en el desarrollo de la estrategia, que se manifiesta, según ellos, en la posposición de respuestas por parte del equipo docente que queda en espera de la reflexión crítica de los participantes.

En segunda instancia, consideramos que la estrategia da respuesta a necesidades e inquietudes genuinas de los participantes –puesto que surgen naturalmente durante el desarrollo de la experiencia– y sobre las que el equipo docente indaga e interpela mediante el diálogo comprensivo a los efectos de ayudar a resolverlas en conjunto, cuando es posible hacerlo, o bien que pospone convenientemente para otro momento, ayudando, de esta manera, a sostener la decisión vocacional de los participantes. Esta hipótesis se sustenta en los numerosos y diversos interrogantes que surgen durante el desarrollo de la experiencia, así como también en las valoraciones comparativas que los estudiantes hacen cuando analizan su historia académica previa, rescatando específicamente esta dimensión de la propuesta. Aquí, es importante destacar que el sostenimiento de la decisión vocacional como parte de esta hipótesis de trabajo constituye, quizás, un salto interpretativo de mayor orden, sin embargo, consideramos que, en términos prácticos y críticos, es posible sostener este aspecto como parte de la hipótesis enunciada.

Como tercera hipótesis, conjeturamos que nuestra propuesta contribuye a la construcción crítica de competencias (Navone *et al.*, 2017) que resultan necesarias para el trabajo profesional, ya sea como Licenciados en Física y/o como Profesores en Física, puesto que promueve en todo momento el diálogo intersubjetivo basado en la acción comunicativa, el trabajo en equipo y la implicación individual y grupal en torno a cuestiones, temáticas y problemas, favoreciendo procesos explicativos de interés técnico, así como interpretativos, comprensivos y reflexivos, conectando conocimientos con intereses cognitivos de carácter práctico y emancipador. En el testimonio de algunos estudiantes, tomados éstos como informantes clave, es posible detectar evidencias empíricas que permiten sustentar esta hipótesis, al ser mencionado específicamente el “crecimiento personal” y “profesional” que promueve la vivencia de esta experiencia o el autoquestionamiento que se moviliza en torno a concepciones, creencias e ideas previas sobre las que no se habían detenido a reflexionar.

Finalmente, ya como cuarta hipótesis, pensamos que los procesos de reflexión crítica basados en el diálogo y la conversación grupal sobre cada una de las actividades realizadas moviliza inquietudes de amplio espectro que, centradas en

el campo disciplinar, se despliegan hacia otros áreas del conocimiento. Las evidencias que nos permiten plantear esta conjetura están dadas por las diversas opiniones, inquietudes e interrogantes de los participantes registradas durante los encuentros y por algunos testimonios recopilados a posteriori, en donde, se rescatan cuestiones conceptuales vinculadas a las nociones de tiempo y espacio, y se las relaciona con obras de literatura y arte, así como con la eficiencia gestual y cronométrica asociada a las innovaciones organizacionales del taylorismo y fordismo (Coriat,1992).

Por supuesto, somos conscientes que todas las hipótesis de trabajo construídas son interpretaciones que contienen diversos grados de yuxtaposición y que se relacionan entre sí de distintas formas, no obstante, nos pareció conveniente enunciarlas de esta manera sin realizar un nuevo recorte metodológico que pudiera cercenar, en algún sentido no previsto, toda su potencial riqueza en términos de posibles hipótesis-acción para el diseño de nuevas estrategias educativas.

Finalmente, consideramos muy importante destacar que el impacto de esta propuesta a nivel institucional, ha generado inquietudes y diversidad de opiniones que, como siempre sucede con proyectos innovadores –siempre en términos relativos y locales–, incluyen algunas resistencias que se manifiestan como preocupación por el nivel académico o por la inversión de tiempo en temáticas que se suponen son “ajenas” al desarrollo curricular de este campo disciplinar. También, y en correspondencia con este último aspecto, es importante destacar que en algunos testimonios de los estudiantes –muy pocos por cierto– se expresan opiniones relacionadas con la necesidad de una mejor administración del tiempo utilizado en algunos de los dispositivos de la estrategia.

A partir de estos últimos registros nos es posible trazar, ahora, dos conjeturas adicionales: (1) que la estrategia utilizada requiere de una mejor gestión de los tiempos asignados, constituyéndose en una nueva variable de ajuste relativa a lo que el contexto institucional actual puede admitir como innovación sin generar resistencias que imposibiliten su desarrollo y (2) que la racionalidad técnica e instrumental impregna todo de tal manera que dificulta mucho más de lo previsto la incorporación de otros intereses cognitivos en el campo disciplinar específico, haciendo necesaria una revisión y reformulación cuidadosa de la estrategia diseñada en función de esta nueva hipótesis-acción.

4. AGRADECIMIENTOS

A todos las y los estudiantes que compartieron con nosotros esta singular experiencia de enseñanza y aprendizaje.

REFERENCIAS

Acevedo-Díaz, J. A. y García-Carmona, A. (2016). Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado. Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 13(1), pp. 3-19.

Ander-Egg, E. (1995). Técnicas de investigación social. Buenos Aires: Lumen.

Anderson, G. L. y Herr, K. (2007). El docente-investigador: la investigación-acción como una forma válida de generación de conocimientos. En Sverdluck, I. (Comp.) y otros, La investigación educativa: una herramienta de conocimiento y de acción. Buenos Aires: Novedades Educativas.

Anijovich, R.; Cappelletti, G.; Mora, S. y Sabelli, M. J. (2014). Transitar la formación pedagógica: dispositivos y estrategias. Buenos Aires: Paidós.

Anijovich, R. y Cappelletti, G. (2017). La evaluación como oportunidad. Buenos Aires: Paidós.

Barco, S. (2010). La corriente crítica en didáctica: una mirada elíptica a la corriente técnica. En Camilloni, A. (Comp.) y otros, Corrientes didácticas contemporáneas. Buenos Aires: Paidós.

Contreras Domingo, J. (1994). Enseñanza, currículum y profesorado. Madrid: Akal.

Coriat, B. (1992). El taller y el robot: ensayos sobre el fordismo y la producción en masa en la era de la electrónica. México: Siglo XXI.

Grundy, S. (1987). Producto o praxis del currículum. Madrid: Morata.

Goldstein, H. (1980). Mecánica clásica. Barcelona: Reverté.

Habermas, J. (2009). Ciencia y técnica como ideología. Madrid: Tecnos.

Minayo, M.C.S. (2012). Investigación social: teoría, método y creatividad. Buenos Aires: Lugar.

Navone, H.D.; Fourty, F.; Blesio, G.; González, M. y Menchón, R. (2017). Estrategias y dispositivos en la construcción crítica de competencias docentes: análisis de una experiencia. Revista de Enseñanza de la Física 29, N° Extra, pp. 527-536.

Scribano, A.O. (2008). El proceso de investigación social cualitativo. Buenos Aires: Prometeo.

Sommerfeld, A. (1952). Mechanics. Lectures on Theoretical Physics, Vol. I. Nueva York: Academic Press (University of California).

Vázquez Alonso, A.; Acevedo Díaz, J. A. y Manassero Mas, M. A. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza. Revista Iberoamericana de Educación 34(1), pp. 1-37.

Ynoub, R. (2007). El proyecto y la metodología de la investigación. Buenos Aires: Cengage Learning.

Yuni, J. A.; Urbano, C.A. (2005). Mapas y herramientas para conocer la escuela: investigación etnográfica e investigación-acción. Córdoba: Brujas.

EL SPINNER ENTRA AL LABORATORIO

Morales, Silvia; Sevilla, Diego

Departamento de Física y Química / Escuela de Formación Básica
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura UNR
morales@fceia.unr.edu.ar

RESUMEN

El yoyo es habitualmente utilizado, como ejemplo cotidiano, para el cálculo del momento de inercia en las clases de Física I. Sin embargo, el tiempo ha pasado y ¿quién tiene hoy en día un yoyo en su casa? Ciertamente el yoyo ha dejado de ser popular... y cotidiano. Pero, afortunadamente, ha aparecido un sucesor: el spinner. En este trabajo proponemos incorporar al spinner como ejemplo de cuerpo rígido en movimiento rotacional. Mostramos cómo podemos, por un lado, medir de manera indirecta su momento de inercia, y por otro, calcularlo en forma aproximada. Creemos que las discusiones que pueden abrirse en el aula a partir de este trabajo, en el que se conjuga lo experimental con lo teórico, pueden resultar provechosas para la enseñanza tanto del concepto de momento de inercia como del de modelo físico. De esta forma, utilizamos al juguete que se ha colado en nuestras vidas y atrapado nuestra atención como aliado en la enseñanza de la Física.

PALABRAS CLAVE

Dinámica rotacional, Cuerpo rígido, Péndulo físico, Momento de inercia.

1. INTRODUCCIÓN

Los spinners son juguetes que, básicamente, están formados por cuerpos planos con simetría rotacional, que pueden girar sobre su eje central, y que en la práctica pueden ser considerados cuerpos rígidos. Con el fin de minimizar el rozamiento y poder girar mayor tiempo, son montados sobre rulemanes. Los spinners son construidos para tener una alta relación entre momento de inercia y masa, por lo que en general concentran su masa en los extremos. Por ello, usualmente tienen brazos que cuentan con piezas de acero que generalmente tienen forma de anillos o arandelas, con densidad significativamente mayor a la del cuerpo de plástico. Los spinners pueden tener distintos números de brazos, aunque los más comunes tienen tres separados 120° .

2. MEDIMOS EL MOMENTO DE INERCIA DEL SPINNER

2.1. Péndulo físico

Un cuerpo rígido [ref. 1] que es colgado de un punto cualquiera O sobre el que puede girar libremente, estará en su posición de equilibrio estable cuando su centro de masa cm quede situado sobre la línea vertical que pasa por O , por debajo de dicho punto. Si el cuerpo es desplazado de su posición de equilibrio un ángulo θ (figura 1), las fuerzas \vec{P} (peso) y \vec{P}' (del vínculo) forman un par que ejerce sobre el cuerpo un torque

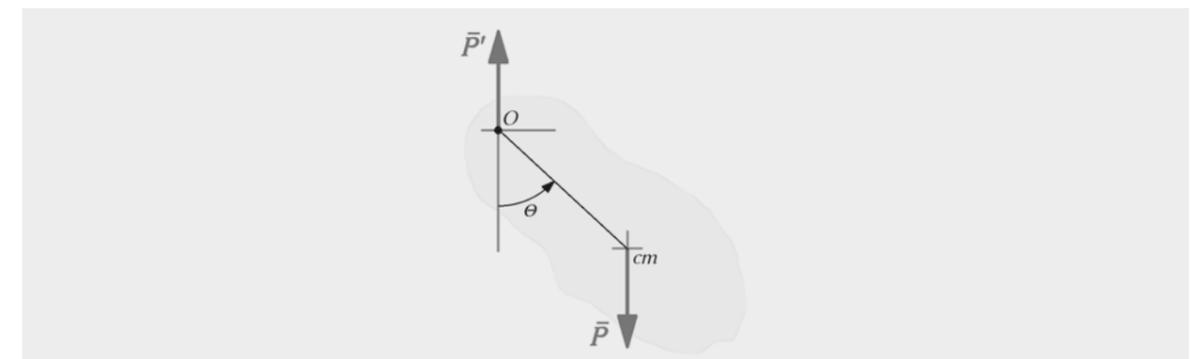


Figura 1. Cuerpo rígido colgado del punto O y apartado de su posición de equilibrio en un ángulo θ .

$$\tau = -mgl_{cm} \sin \theta \tag{1}$$

lo que provocará sobre el cuerpo una aceleración angular

$$\alpha = \frac{\tau}{I} \tag{2}$$

Reemplazando (1) en (2) llegamos a la ecuación de movimiento

$$\ddot{\theta} + \frac{mgl_{cm}}{I} \sin \theta = 0 \tag{3}$$

que para pequeñas oscilaciones puede ser aproximada por

$$\ddot{\theta} + \frac{mgl_{cm}}{I} \theta = 0 \tag{4}$$

Esta ecuación es la del oscilador armónico, cuyas soluciones son funciones armónicas de período

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgl_{cm}}} \tag{5}$$

2.2. Momento de inercia de un spinner sujeto a una varilla

Fijemos el spinner a una varilla ligera, con el centro del spinner a una distancia l de uno de los extremos de la varilla, del cual es colgado el conjunto (figura 2). Consideremos el movimiento rotacional respecto al punto O situado en dicho extremo. El momento de inercia del conjunto respecto a O será

$$I_T = I_v + I_s + m_s l^2 \tag{6}$$

donde I_v es el momento de inercia de la varilla respecto a O , I_s es el momento de inercia del spinner respecto a su centro, y m_s es la masa del spinner. El último término de (6) se obtiene del teorema de Steiner al considerar que el spinner rota respecto a O . El momento de inercia I_v de la varilla respecto a O es

$$I_v = \frac{m_v l_v^2}{3} \tag{7}$$

Luego, sustrayendo I_v y $m_s l^2$ del I_T medido, podemos obtener I_s .



Figura 2. Spinner sujeto firmemente a una varilla ligera de un extremo (punto O).

2.3. Medición del momento de inercia del conjunto

De las mediciones de las masas del spinner y de la varilla, de las longitudes de la varilla y del centro del spinner respecto a O , y del período de oscilación, podemos calcular I_T despejándolo de (5)

$$I_T = \frac{m_T g l_{cm} T^2}{4\pi^2} \tag{8}$$

donde $m_T = m_s + m_v$ y $I_{cm} = (m_s l + 0.5 m_v l_v)/m_T$

Aplicando propagación de errores a (8), se puede ver que la incerteza en la determinación del momento de inercia del conjunto resulta

$$\frac{\Delta I_T}{I_T} = \frac{\Delta m_T}{m_T} + \frac{\Delta l_T}{l_{cm}} + 2 \frac{\Delta T}{T} \tag{9}$$

Dado que en este trabajo se midió el período de las oscilaciones con cronómetro manual, el error relativo de dicha medición resulta significativamente mayor a los de m_T y l_{cm} , debido al tiempo de reacción de la persona que mide. Para reducir dicho error, por un lado, se puede tomar el tiempo de varias oscilaciones, y por otro, se pueden tomar varias mediciones y luego promediar. La tabla 1 muestra los resultados obtenidos para un spinner clásico montado sobre un palito de brochet. La masa del spinner es 52 g, y la del palito 1,5 g. La longitud del palito es 24 cm. Se montó al spinner a siete longitudes diferentes, y para cada caso se tomaron tres mediciones del período que luego fueron promediadas. Los tiempos fueron medidos sobre diez oscilaciones.

Promediando los valores de I_s de la tabla 1, y considerando la dispersión de valores, podemos concluir que el valor experimental para el momento de inercia del spinner es

$$I_s = (4 \pm 1) 10^{-5} \text{ kgm}^2 \tag{10}$$

l [cm]	T [s]	$I_T = 10^{-4} \text{ kgm}^2$	$I_s = 10^{-5} \text{ kgm}^2$
8,3	0,590	4,20	2,85
9,6	0,638	5,62	4,48
11,3	0,681	7,46	3,69
13,1	0,734	9,96	5,03
14,6	0,766	12,0	3,27
17,0	0,830	16,3	5,42
19,4	0,882	21,0	4,39

Tabla1: Mediciones de l (distancia del centro del spinner al punto O), T (período de oscilación), y los valores calculados de I_T (momento de inercia del conjunto), e I_s (momento de inercia del spinner) para distintas posiciones del spinner sobre la varilla.

3. ESTIMAMOS EL MOMENTO DE INERCIA DEL SPINNER

3.1. Una primera aproximación

Es posible estimar el momento de inercia del spinner de una manera independiente al cálculo realizado en la sección anterior. Para ello construiremos modelos que representen simplificada su distribución de masa capturando sus características más significativas [ref. 2], de manera de obtener resultados aproximados mediante cálculos sencillos. El modelo más simple que podemos plantear para calcular el momento de inercia del spinner, es el de tres masas puntuales de masa $m/3$, cada una a distancia l del centro.

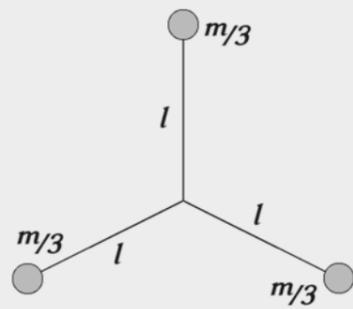


Figura 3. Primera aproximación: la masa del spinner se concentra en tres puntos.

En este modelo simple, el momento de inercia del spinner es

$$I_s^{(1)} = 3 \frac{m}{3} l^2 = m l^2 \quad (11)$$

Para el spinner utilizado, $m=54 \text{ g}$ y $l=26 \text{ mm}$, por lo que resulta

$$I_s^{(1)} = 3,65 \cdot 10^{-5} \text{ kgm}^2 \quad (12)$$

3.2. Mejoramos el modelo

¿Cuán buena es la aproximación antes calculada? ¿Puede ser mejorada? Para responder ambas preguntas, ahora consideremos a las masas de los brazos del spinner no como puntuales, sino como anillos delgados de radio r . El momento de inercia de cada anillo será $(m/3) r^2$, y el momento de inercia del spinner será

$$I_s^{(2)} = 3 \frac{m}{3} l^2 + 3 \frac{m}{3} r^2 = I_s^{(1)} + m r^2 \quad (13)$$

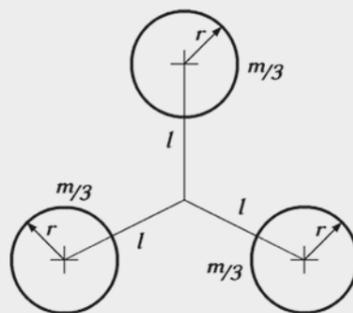


Figura 4. Segunda aproximación: la masa del spinner se concentra en tres anillos delgados.

Podemos ver que al considerar masas con forma anular, se agrega un nuevo término a la primera estimación. Para el spinner utilizado, $m=54 \text{ g}$ y $r=9 \text{ mm}$, por lo que resulta

$$I_s^{(2)} = 3,65 \cdot 10^{-5} \text{ kgm}^2 + 0,44 \cdot 10^{-5} \text{ kgm}^2 = 4,09 \cdot 10^{-5} \text{ kgm}^2 \quad (14)$$

que es apenas un 12% mayor a $I_s^{(1)}$.

Cabe preguntarnos: ¿tiene sentido seguir refinando el modelo para obtener mejores aproximaciones? Considerando que el siguiente término que obtendríamos sería menos significativo que el que acabamos de encontrar, y considerando que este último ya es sustancialmente menor que el error experimental obtenido en el método desarrollado en la sección 2.3. (y en definitiva nuestro objetivo es comparar los resultados obtenidos por ambos métodos), vemos que no tiene sentido seguir complicando el modelo.

Para estimar la incerteza del valor calculado en (14), debemos considerar tanto la propagación de los errores de las magnitudes intervinientes, como el error introducido en la aproximación del modelo. La primera puede ser calculada inmediatamente: considerando incertezas de 1 g para el peso y 1 mm para las longitudes, tenemos que el error propagado para $I_s^{(2)}$ resulta $0,45 \cdot 10^{-5} \text{ kgm}^2$. Por otra parte, es razonable pensar que el error debido al modelo, por lo dicho en el párrafo anterior, deberá ser menor a la diferencia entre los valores de $I_s^{(2)}$ e $I_s^{(1)}$, es decir, menor a $0,44 \cdot 10^{-5} \text{ kgm}^2$.

Entonces, el momento de inercia del spinner estimado mediante este segundo método es

$$I_s = (4,1 \pm 0,9) \cdot 10^{-5} \text{ kgm}^2 \quad (14)$$

4. DISCUSIÓN

4.1. Comparación entre los resultados

La figura 5 muestra la comparación entre los resultados obtenidos por el primer método (10) y por el segundo (15). Como podemos ver, ambos resultados son compatibles.

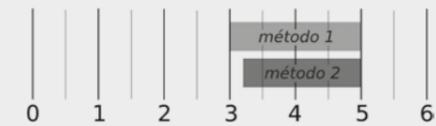


Figura 5. Comparación entre los resultados de ambos métodos.

La comparación de los resultados obtenidos por los dos métodos sirve para validar tanto los resultados como los modelos empleados. Esto permite tener mayor seguridad en el trabajo realizado, y a la vez, visualizar mejor sus limitaciones.

4.2. Implementación en la enseñanza de la Física

El trabajo aquí presentado puede ser utilizado para diseñar una actividad didáctica. Dado que no requiere equipamiento especial, dicha actividad puede fácilmente ser adaptada a conveniencia. En particular, puede ser llevada a cabo por pequeños grupos de alumnos, e incluso hasta puede ser realizada en casa.

Si bien en este trabajo se utilizan conceptos de varios temas, probablemente pueda sacársele el mayor provecho como herramienta didáctica para el estudio del momento de inercia. Una cuestión a considerar es que los temas de oscilaciones armónicas y péndulo, en los planes de estudios actuales, suelen darse algún tiempo después que el de cuerpo rígido, usualmente hacia el final del curso de Mecánica, o incluso después, al principio del curso en que se desarrolla Ondas. Sin embargo, para los fines de este trabajo, la ecuación (5), referida al período del péndulo físico, puede ser dada sin su correspondiente deducción, y debería ser comprendida sin dificultad por un alumno que ya hubiese dado la teoría del cuerpo rígido, dado que está expresada en función de cantidades que ya conoce.

Otro aspecto del que se puede sacar provecho del presente trabajo es en la enseñanza del concepto de modelo físico [ref. 2]. En el cálculo del momento de inercia por ambos caminos se han utilizado modelos y datos experimentales diferentes. La discusión de cuáles son las simplificaciones y aproximaciones realizadas en cada uno puede ser utilizada para ilustrar el concepto de modelo en forma práctica. En particular, puede resultar muy didáctico analizar cuál modelo introduce el mayor error teórico por simplificación y cuál presenta la mayor incertidumbre experimental. Asimismo, este trabajo abre la puerta a la discusión del significado de validez y validación –de métodos y resultados– en el contexto de la Ciencia.

Por último, es evidente que el método para la medición del momento de inercia del spinner aquí presentado no sólo funciona con spinners, sino que puede ser utilizado con cualquier objeto, como por ejemplo un aro delgado [ref. 3], por lo que se pueden proponer trabajos prácticos más simples. Sin embargo, mientras que obtener el momento de inercia de un aro no es ningún reto, obtener el momento de inercia de un spinner sí lo es, dada su forma irregular. En cierta forma, es como la corona del rey a la que Arquímedes tuvo que medir su volumen. Y precisamente por ser un problema estimulante, obtener el momento de inercia de un spinner puede resultar una herramienta didáctica eficaz.

4.3. Comparación con trabajos anteriores

El trabajo de Allain determina el momento de inercia de un spinner con un método parecido al que presentamos en la sección 2 (también midiendo el período de un péndulo físico construido con un spinner y una varilla), pero con algunas diferencias:

Desprecia el momento de inercia de la varilla. Dado que los momentos de inercia de la varilla y del spinner son del mismo orden ($2,9 \cdot 10^{-5} \text{ kgm}^2$ y $4 \cdot 10^{-5} \text{ kgm}^2$, respectivamente), y que el momento de inercia de la varilla es fácil de calcular, no tiene sentido despreciarlo. Además, mostrar de manera práctica que el momento de inercia de una varilla de 1,5 g de peso (respecto a su extremo) es similar al de un spinner de 54 g (respecto a su eje) puede ayudar a visualizar mejor dicho concepto.

En vez de calcular directamente I_s , como hemos hecho aquí, grafica $m l^2$ vs $T^2 m g l / 4 \pi^2$, que en teoría guardan una relación lineal, siendo I_s la ordenada al origen. Sin embargo dicho método no resulta adecuado cuando los errores en la medición del período resultan importantes, ya que la dispersión de puntos en la gráfica hace difícil trazar una recta, y además amplifica el error en la estimación debido a la extrapolación.

Mide el período mediante un dispositivo electrónico (lo que evita el problema descrito en el punto anterior), a diferencia del presente trabajo, en el que se utiliza un cronómetro manual.

No discute errores de medición y propagación de errores, seguramente debido a que la exactitud de las mediciones realizadas con el equipo electrónico le quita relevancia. En el presente trabajo los errores de medición son un problema con el que lidiar y necesariamente deben ser tenidos en cuenta.

No hace cálculos teóricos utilizando modelos aproximados del spinner, mientras que el presente trabajo sí.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo proponemos una actividad teórica y práctica de mecánica del cuerpo rígido, en la que se explora el concepto de momento de inercia. A partir de la ecuación del período del péndulo físico (cuya deducción el alumno no necesita conocer), proponemos un método para la medición indirecta del momento de inercia de un spinner que puede fácilmente ser implementado en el laboratorio. Además discutimos modelos simples de la distribución de masa del spinner que permiten estimar teóricamente su momento de inercia. Las estimaciones obtenidas por los dos caminos permiten comparar sus valores, y para ello deben ser calculados con sus correspondientes incertezas. Este trabajo tiene como beneficio adicional reducir la distancia entre el aula y el laboratorio, y afianzar el conocimiento en cuestiones como mediciones indirectas, estimaciones de errores, modelos aproximados y cálculos teóricos. Por otra parte, como el objeto de estudio es uno que el alumno ve cotidianamente, y los instrumentos utilizados están al alcance de cualquiera, el trabajo que proponemos tiene muchas chances de despertar su interés, lo que puede aumentar su eficacia como herramienta didáctica.

REFERENCIAS

Young, H. y Freedman, R. (2013). Física Universitaria con física moderna, volumen 2, décimo tercera edición. México: PEARSON.

Adúriz-Bravo, A. y Izquierdo-Aymerich M. (2009). Un modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. REIEC, 4(E1), pp.40-49.

Allain, R. (2017). Let's Explore the Physics of Rotational Motion With a Fidget Spinner. Wired.com.

INTRODUCCIÓN DEL RELATO AUTOBIOGRÁFICO EN LA CONSTRUCCIÓN CRÍTICA DE COMPETENCIAS DOCENTES

Navone, Hugo D.; Fourty, Andrea; Blesio, Germán; González, Matías; Menchón, Rodrigo

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura UNR; Instituto de Física de Rosario (CONICET-UNR)

navone@ifir-conicet.gov.ar

RESUMEN

En términos generales, es posible clasificar a los saberes necesarios para el ejercicio de la docencia en las siguientes categorías: (1) conocimiento de la disciplina de referencia; (2) conocimientos pedagógicos y didácticos; (3) conocimientos acerca del contexto y de las situaciones y (4) conocimiento de sí mismo. De todas las categorías mencionadas es posible conjeturar que la última es quizás la que recibe menor atención específica durante los procesos de formación docente y la que, a su vez, resulta ser una de las más complejas de abordar. El conocimiento personal está relacionado con las formas de vincularse con uno mismo y con otros, con los singulares modos de acercarnos al conocimiento y al aprendizaje, con nuestras propias concepciones acerca del mundo y de nosotros mismos, y con cómo todo esto, de alguna manera, fue siendo inscripto en nuestra historia vital. Los relatos autobiográficos posibilitan, justamente, abordar reflexivamente todas estas dimensiones, promoviendo en su desarrollo la construcción crítica de competencias docentes. En este trabajo presentamos la articulación estratégica de técnicas, dispositivos y recursos destinados a introducir el relato autobiográfico en el Taller de Práctica de la Enseñanza I del Profesorado en Física y realizamos un primer análisis cualitativo de la experiencia.

PALABRAS CLAVE

Formación docente, Práctica de la enseñanza, Competencias docentes, Profesorado en física.

1. INTRODUCCIÓN

Tomando muy en cuenta el riesgo que conlleva toda construcción simplificada de objetos de estudio de naturaleza compleja, como resultan ser la práctica de la enseñanza y el oficio de enseñar, diversas obras y autores coinciden en clasificar a los saberes necesarios para el ejercicio de la docencia en las siguientes categorías generales: (1) conocimiento de la disciplina de referencia; (2) conocimiento pedagógico y didáctico; (3) conocimiento acerca del contexto y de las situaciones y (4) conocimiento de sí mismo (Anijovich, 2014).

Partiendo de nuestra propia experiencia y del intercambio informal de opiniones relevado en diversos ámbitos de trabajo docente nos es posible conjeturar que, de todas las categorías mencionadas, quizás la última es la que recibe menor atención específica durante los procesos de formación inicial del profesorado y la que, a su vez, resulta ser una de las más complejas de abordar.

El conocimiento personal –y el cuidado de sí– está profundamente relacionado con las formas de vincularse con uno mismo y con otros, con los singulares modos de acercarnos al saber y al aprendizaje, con nuestras propias concepciones y creencias acerca del mundo y de nosotros mismos, y con cómo todo esto, de alguna manera, fue siendo inscripto en nuestra propia historia vital. En este sentido, resulta claro que los conocimientos, capacidades, habilidades y competencias que podríamos asociar con esta dimensión del oficio docente se entremezclan en las demás categorías de análisis, conformando un entramado complejo en donde se expresan saberes y actitudes muy difíciles de codificar o que directamente no son codificables para su enseñanza.

Desde esta perspectiva de análisis, consideramos que el campo de la formación inicial docente se ha ido nutriendo de una serie de estrategias y dispositivos que permiten integrar las diversas categorías del oficio de enseñar, en lugar de seccionarlas para trabajarlas por separado. El relato autobiográfico, en particular, por su propia naturaleza, es uno de los dispositivos más movilizadores en la promoción de un abordaje reflexivo de todas las categorías mencionadas, contribuyendo muy especialmente en la construcción crítica de competencias docentes que pueden ser asociadas con el conocimiento de sí mismo.

Teniendo muy en cuenta lo que acabamos de expresar, consideramos importante detenernos en la noción de “competencias”, dada la relevancia que este concepto está tomando en el desarrollo de políticas dirigidas al campo educativo.

Autores como Roegiers (2010), por ejemplo, consideran que una competencia es un conjunto de capacidades que se ejercen sobre ciertos contenidos cuando se ponen en juego al abordar y resolver las problemáticas que plantean diversas categorías de situaciones. Específicamente, para este autor *“la competencia es la posibilidad, para una persona, de movilizar de manera interiorizada un conjunto integrado de recursos con vistas a resolver una familia de situaciones-problema”* (Roegiers, 2010). Para Perrenoud (2008), describir una competencia involucra la representación de tres elementos que considera complementarios: (1) los tipos de situaciones a las que se dirige; (2) los recursos que moviliza (conocimientos teóricos y metodológicos, actitudes y habilidades); y (3) los esquemas de pensamiento que se solicitan para movilizar y articular los recursos adecuados en situaciones complejas y en tiempo real. Este mismo autor advierte, a su vez, que los esquemas de pensamiento que se solicitan –de manera interiorizada– no son directamente observables y que sólo pueden ser inferidos a partir de las prácticas y de los propósitos de los actores involucrados. Por lo tanto, la noción de competencias implica una teoría del pensamiento y de la acción situados, y representaciones acerca de la práctica y del trabajo educativo, en donde intervienen simultáneamente conceptos e ideologías (Perrenoud, 2008). Se trata, entonces, de un constructo complejo, polisémico y elusivo; también, controvertido y confuso; y que no siendo totalmente nuevo, ha sido interpretado, manipulado y utilizado de diversas maneras a lo largo de la historia (Pérez Gómez, 2011; Gimeno Sacristán, 2011; Angulo Rasco, 2011; Navone et al., 2017). También es importante advertir que se trata de una noción de carácter epocal, que surge a finales del siglo XX y comienzos del siglo XXI en función de intereses sectoriales cuya intención es obtener resultados del sistema educativo que se traduzcan en términos de habilidades, posibilitando así una inserción eficiente y eficaz de los sujetos en el mundo del trabajo (Díaz-Barriga, 2011). En este sentido, Del Rey (2012) advierte que lo que entraña esta noción para el sistema educativo en términos políticos y socio-económicos, *“no es ni más ni menos que un proceso neoliberal tendiente a ubicar, más que la educación al servicio del hombre, al pequeño hombre a ser educado al servicio de las necesidades de la economía”*. Esta misma autora concluye que *“(…) la noción de competencia es ideal para la elaboración de una nueva racionalidad de la educación, vista como una inversión utilitaria”*, en donde se reduce la educación a la fabricación de un alumno competitivo y exitoso para el mercado de trabajo –adaptable, flexible y, por lo tanto, “empleable”–, respondiendo así a la lógica de la mercancía, del cálculo de la inversión y del retorno, de la economía del capital humano.

Ahora bien, teniendo en cuenta las complejidades intrínsecas de esta noción y las advertencias expuestas anteriormente, consideramos que la instalación de este término en el actual campo educativo adquiere un cierto valor estratégico (Navone et al., 2017). En primer lugar, porque no es algo nuevo y porque todo trabajo educativo involucra el desarrollo de diversas competencias; es decir, es algo que los docentes implícitamente ya hacen (Del Rey, 2012). Desde esta perspectiva, consideramos que resulta estratégico reflexionar críticamente en torno al sentido que se le pretende dar al uso de este término en el desarrollo de políticas educativas. En segundo lugar, porque la irrupción de esta noción en el campo educativo promueve la actualización crítica de diversos interrogantes acerca de la enseñanza y el aprendizaje en términos situados, y del sentido de la educación en contextos de profundas desigualdades sociales; procesos que son atravesados, a su vez, por un enjambre de incertidumbres de carácter ético, epistemológico y disciplinar sobre las que resulta imprescindible reflexionar. Por lo tanto, el interés que orienta nuestro trabajo se aleja del meramente técnico e instrumental para acercarse al emancipador a partir de la interpelación, del cuestionamiento y de la reflexión crítica que incluye a la propia noción de competencia (Yuni y Urbano, 2005). Es por todo esto que en esta comunicación nos referiremos siempre a la construcción crítica de competencias docentes, dejando en claro, de esta manera, cuál es nuestro posicionamiento al respecto.

Entonces, desde la perspectiva expuesta y teniendo muy en cuenta la inherente complejidad de la práctica docente, en este trabajo presentamos la articulación estratégica de técnicas, dispositivos y recursos destinados a introducir el relato autobiográfico en el espacio del Taller de Práctica de la Enseñanza I de la carrera de Profesorado en Física de la Universidad Nacional de Rosario, y realizamos un primer análisis de carácter exploratorio y cualitativo de la experiencia. En síntesis, los propósitos que orientan nuestra acción se estructuran en torno a la construcción crítica de competencias docentes relacionadas con el conocimiento y el cuidado de sí mismo, en plena interacción con las demás dimensiones del saber que confluyen en toda práctica docente (Anijovich, 2014).

2. REFERENTES TEÓRICOS

Contar e imaginar historias es un modo básico del pensamiento humano, es una forma de organizar el conocimiento y la realidad; y de crear, a su vez, diversos mundos posibles.

La narrativa emerge continuamente en las relaciones que el ser humano establece con los demás y consigo mismo; cuando se trata de expresar la experiencia como relato (Bolívar et al., 2001). Circunstancias, causas, motivos y efectos se entrelazan en unidades coherentes del discurso; mundo, experiencia e imaginación, cobran sentido a partir de las estructuras narrativas.

Las autobiografías, en particular, son relatos –orales o escritos– que alguien hace de su propia vida (relatos de vida), mientras que las biografías son construidas por otros (historias de vida). Las autobiografías escolares son relatos de vida que el propio autor presenta narrando sus vivencias en el sistema educativo e integrándolas en toda su experiencia vital.

En términos generales, la realización de autobiografías escolares durante la formación inicial del profesorado posibilita el desarrollo crítico de competencias dirigidas a: (1) dar sentido y coherencia a los acontecimientos que se desean narrar, incluyendo a los destinatarios (se trata de elaborar historias); (2) reconstruir lo vivido, proyectando el presente sobre el pasado en términos subjetivos (se otorga verosimilitud a lo narrado, conjeturando, interpretando y argumentando al respecto); (3) re-inventar la propia identidad a partir del relato (se activan procesos de identificación); (4) rescatar en términos críticos la dimensión histórico-social y cultural asociada a la historia vital (se participa en la re-construcción de la memoria colectiva) y (5) construir habilidades para la interacción y el diálogo con otros (se enriquece la comunicación intersubjetiva y la propia subjetividad).

El uso de autobiografías educativas como dispositivo de formación docente posibilita la reflexión crítica sobre las experiencias, creencias y recorridos educativos que influyen –o pueden influir– en la construcción de la propia identidad profesional, para transformar y cambiar, en lugar de reproducir, los modos de enseñanza (Bolívar et al., 2001), así como nuestra relación con el saber, con uno mismo, con el otro y con los otros.

La utilización de este dispositivo en el ámbito educativo no es de aplicación directa y requiere de una implementación planificada, progresiva y cuidadosa. En este sentido, es muy importante considerar las advertencias que diversos autores han realizado acerca de: (1) los riesgos vinculados a la indagación inapropiada de la vida personal de los participantes; (2) la formación pedagógica insuficiente de los docentes; (3) la minimización de las resistencias ofrecidas por los estudiantes; (4) la no consideración de la fuerte carga emocional asociada y (5) la construcción inadecuada o la ausencia del clima de trabajo necesario para implementar este tipo de estrategias (Anijovich, 2014).

El modo de acercarse al trabajo de formación docente que se pone en juego en este dispositivo se puede caracterizar como enfoque clínico, en donde se privilegia una particular manera de escuchar, observar e intervenir, dándole importancia a la historia personal, los vínculos y las emociones que se despliegan en el presente cuando se evoca y reconstruye el pasado. Se trata de pasar de una lógica de formación docente basada en las adquisiciones de conocimientos y técnicas a un modelo que se focaliza en el proceso de autoformación y en el análisis de lo que no resulta previsible ni tampoco controlable, ni dominable (Anijovich, 2014). Nuevamente, la elección de este enfoque no es arbitraria y responde a la necesidad de recurrir a la acción comunicativa basada en el diálogo intersubjetivo como estrategia de producción de conocimiento y de autoentendimiento en la construcción de nuevos significados de carácter emancipador (Yuni y Urbano, 2005).

3. DISEÑO DE LA ESTRATEGIA DE TRABAJO

Teniendo en cuenta todos los referentes teóricos mencionados y, muy particularmente, las advertencias relacionadas con la implementación de este dispositivo, en este trabajo presentamos la estrategia que hemos diseñado para abordarlo en el contexto del Taller de Práctica de la Enseñanza I que se desarrolla en el primer cuatrimestre del primer año del Profesorado en Física de la Universidad Nacional de Rosario.

En este espacio curricular, la dinámica de trabajo que se establece parte siempre desde la práctica, para luego abordar procesos de reflexión individual y grupal acerca de las vivencias particulares que generan las diversas actividades; arribando, finalmente, a la inmersión de todo lo trabajado en los marcos teóricos necesarios para su análisis crítico (Navone et al., 2017).

Teniendo en cuenta las advertencias mencionadas anteriormente, se elige un espacio áulico flexible y al resguardo de influencias de carácter externo; luego, mediante el uso de diversas técnicas de trabajo grupal, actividades en tono lúdico y prácticas corporales y expresivas sencillas, se va construyendo el clima de confianza necesario para arribar con cuidado y amablemente al trabajo con autobiografías escolares.

La necesidad de implementar este dispositivo una vez que se ha construido y estabilizado el grupo de participantes, hace que el desarrollo del mismo se proponga una vez transcurridos los primeros encuentros de taller. El formato de presentación es totalmente libre y el autor elige cuándo desea exponer, promoviendo la autogestión y la autorregulación de la carga emocional implicada. La dinámica expositiva incluye al auditorio como interlocutores y, por lo tanto, también hay una co-implicación y una co-autoría durante el proceso, facilitando y enriqueciendo todo su desarrollo. Los docentes intervienen oportunamente de un modo especulativo y apreciativo, sin descuidar los aspectos emocionales y afectivos

que claramente son puestos en juego (Jackson, 2015).

El marco teórico sobre autobiografías educativas se introduce una vez que se han realizado varias presentaciones; de esta manera, se promueven procesos de reflexión y de reconstrucción crítica acerca de todo lo experimentado luego de haber transitado emocionalmente por el dispositivo.

Desde el punto de vista del desarrollo curricular del Taller de Práctica de la Enseñanza I, las autobiografías escolares posibilitan ir extrayendo temáticas y problemáticas educativas a partir de la propia palabra de los participantes, que luego se van trabajando como contenidos específicos de este espacio, dando lugar a la construcción de un currículum de carácter emergente (Pérez Gómez, 2011).

Todo este trabajo de formación requiere de la participación atenta y plena del equipo docente que, desde un enfoque crítico y clínico, ordena, enriquece y ayuda en las intervenciones, destaca temáticas y problemáticas de interés particular, sostiene la pertinencia de las cuestiones que van surgiendo en el grupo y, fundamentalmente, promueve la interacción y el involucramiento de los participantes en la interpretación y en la comprensión de lo que va aconteciendo.

4. EVALUACIÓN DE LA EXPERIENCIA

La elaboración de un diario de taller o bitácora es uno de los dispositivos que se implementan durante el desarrollo del Taller de Práctica de la Enseñanza I. Estos registros se producen individualmente y son de carácter público, es decir, que se escriben con el propósito explícito de ser socializados mediante diversas técnicas de trabajo grupal y, también, para ser utilizados en posibles trabajos de Investigación Educativa. En consecuencia, a partir del análisis de esta base documental resulta posible evaluar la experiencia realizada en torno a los relatos autobiográficos como estrategia de formación docente. Para ello, en términos metodológicos, se seleccionó el conjunto de bitácoras de taller correspondiente al ciclo 2016 y se procedió a realizar un análisis temático de contenido de carácter exploratorio y descriptivo (Minayo, 2012; Ynoub, 2007). Este programa metodológico se inscribe en un proceso de investigación cualitativa, puesto que nos disponemos a trabajar con significados, interpretaciones, motivos, emociones, aspiraciones, representaciones, creencias y valores en torno a la historia vital de los sujetos que, como parte de la realidad social, también es comparada con sus semejantes (Minayo, 2012).

De esta manera, a partir del análisis de los testimonios que sobre autobiografías escolares se recaban de los diarios de taller, nos fue posible identificar tres grandes categorías temáticas: caracterización del dispositivo, problemáticas emergentes y disposición emocional. Estas categorías se construyeron mediante la asociación progresiva de proposiciones descriptivas abreviadas, resultando:

- 1) En relación a la caracterización del dispositivo, los participantes consideran que, en general, los ayuda a desinhibirse, a enriquecer la comunicación con el grupo, promoviendo la imaginación, el autoconocimiento y el conocimiento de los demás; destacan la carga emocional que es propia de la actividad; consideran que facilita la emergencia de múltiples temáticas, que es movilizador de diversas interpretaciones respecto de lo vivido y que solicita procesos de reflexión crítica; opinan que se sienten coordinando el grupo a través del relato autobiográfico; valoran la libertad de participación que promueve el dispositivo y la diversidad de opiniones que hace entrar en juego.
- 2) En cuanto a las problemáticas emergentes, éstas pueden sintetizarse en las siguientes: características de las instituciones escolares, sistemas de evaluación, cuestiones disciplinares, educación sexual, estereotipos y problemáticas de género, acoso escolar, rol docente, relación docente-alumno, perfil docente, deserción, orientación vocacional, acontecimientos históricos, contextos sociales, incidentes críticos, educación no formal, diversidad e inclusión y estrategias didácticas.
- 3) En relación a la disposición emocional, algunos consideraron que se sintieron expuestos e inseguros al comienzo, pero que luego recuperaron la confianza; otros que se pensaban tímidos se percibieron libres durante la exposición; la mayoría manifiesta sentirse escuchados con atención y respeto; muchos destacan que la actividad moviliza sentimientos de afecto, empatía y pertenencia grupal.

Consideramos importante destacar que si bien las categorías construidas contienen proposiciones que las distinguen, no dejan de relacionarse entre sí, tanto en términos discursivos como en cuestiones subjetivas e internas que escapan a todo intento de codificación. Sin dejar de tomar esto en cuenta, interpretamos que la primera y la última serían categorías de apreciación o de juicio, constituidas por proposiciones valorativas; mientras que la segunda sería una categoría de contenido o materia, definida por proposiciones de orden más descriptivo (Ander-Egg, 1995).

Una vez finalizado el ciclo 2016, los participantes calificaron cada una de las estrategias y dispositivos utilizados en el Taller de Práctica de la Enseñanza I usando una escala de 0 a 10. La calificación promedio asignada al dispositivo autobiografías escolares fue de 9 puntos, con valores que oscilaron entre 8 y 10 puntos. Además, las categorías construidas en base a las bitácoras de los participantes –así como como su conformación interna en términos de descriptores– se corresponden también con lo registrado por el equipo docente a partir de los relatos autobiográficos expuestos. Teniendo en cuenta ambos indicadores, consideramos que el análisis realizado posee coherencia y verosimilitud.

4. CONCLUSIONES

Si bien las autobiografías escolares son un recurso educativo ampliamente conocido, consideramos que su implementación en términos de metodología, secuenciación y articulación estratégica de actividades, dispositivos y recursos en el contexto del Taller de Práctica de la enseñanza I constituye una experiencia innovadora.

También, resulta importante destacar que esta puesta en práctica es una primera introducción amable y cuidada al uso de este dispositivo, facilitando, por lo tanto, su aplicación en posteriores espacios curriculares del Profesorado en Física.

A partir de la evaluación de la experiencia realizada, consideramos que nuestra implementación favorece la construcción crítica de competencias docentes relacionadas con el autoconocimiento y el cuidado de sí mismo, y con la comunicación intersubjetiva, al promover el desarrollo de cualidades humanas mediante la reflexión, la comprensión y la interpretación de pensamientos, emociones y acciones, que son puestas en juego en relación a acontecimientos, contextos, incidentes, situaciones, instituciones e individuos a través del relato autobiográfico. Si bien se trata de saberes difícilmente codificables o imposibles de codificar, que responden a esquemas de pensamiento y emociones interiorizadas, consideramos que las categorías temáticas construidas a partir del análisis de los diarios de taller de los participantes nos permiten inferir que la estrategia propuesta moviliza en términos situados un conjunto integrado de recursos que son necesarios para la actuación docente. Además, la valoración del impacto de la estrategia implementada resulta ser coherente con la calificación que los participantes asignaron al dispositivo y también se corresponde con lo observado por el equipo docente.

Finalmente, en base a todo lo expuesto en este trabajo, nos es posible conjeturar que esta propuesta didáctica también promueve la construcción de competencias útiles para el acceso y permanencia en la carrera elegida, al favorecer procesos que hacen al desarrollo de la propia autonomía y autoconfianza, y que contribuye a sostener la decisión vocacional, al generar sentimientos de identificación, pertenencia e integración a una comunidad.

REFERENCIAS

Ander-Egg, E. (1995). Técnicas de investigación social. Buenos Aires: Lumen.

Angulo Rasco, J. F. (2011). La voluntad de distracción: Las competencias en la universidad. En Gimeno Sacristán, J. (Comp.) y otros, *Educación por competencias, ¿qué hay de nuevo?* Madrid: Morata.

Anijovich, R. (2014). *Transitar la formación pedagógica: Dispositivos y estrategias.* Buenos Aires: Paidós.

Bolívar, A; Domingo, J., Fernández, M. (2001). *La investigación biográfica-narrativa en educación: Enfoque y metodología.* Madrid: La Muralla.

Del Rey, A. (2012). *Las competencias en la escuela.* Buenos Aires: Paidós.

Díaz-Barriga, A. (2011). Competencias en educación. Corrientes de pensamiento e implicaciones para el currículo y el trabajo en el aula. *Revista Iberoamericana de Educación Superior II* (5), pp. 3-24.

Gimeno Sacristán, J. (2011). Diez tesis sobre la aparente utilidad de las competencias en educación. En Gimeno Sacristán, J. (Comp.) y otros, *Educación por competencias, ¿qué hay de nuevo?* Madrid: Morata.

Jackson, P.W. (2015). *¿Qué es la educación?* Buenos Aires: Paidós.

Minayo, M. C. S. (2012). *Investigación social: teoría, método y creatividad.* Buenos Aires: Lugar.

Navone, H. D.; Fourty, F.; Blesio, G.; González, M. y Menchón, R. (2017). Estrategias y dispositivos en la construcción crítica de competencias docentes: análisis de una experiencia. *Revista de Enseñanza de la Física* 29, N° Extra, pp. 527-536.

Pérez Gómez, A. I. (2011). ¿Competencias o pensamiento práctico? La construcción de los significados de representación y de acción. En Gimeno Sacristán, J. (Comp.) y otros, *Educación por competencias, ¿qué hay de nuevo?* Madrid: Morata.

Perrenoud, P. (2008). Diez nuevas competencias para enseñar. Barcelona: Graó.

Roegiers, X. (2010). Una pedagogía de la integración. Competencias e integración de los conocimientos en la enseñanza. México: FCE.

Ynoub, R. (2007). El proyecto y la metodología de la investigación. Buenos Aires: Cengage Learning.

Yuni, J. A.; Urbano, C. A. (2005). Mapas y herramientas para conocer la escuela: investigación etnográfica e investigación-acción. Córdoba: Brujas.

RECURSOS Y MATERIALES A DISPOSICIÓN DE UN PROFESOR EN MATEMÁTICA

Sgreccia, Natalia¹; Alegre, Hernán Martín^{1,6}; Domínguez, Eliana^{1,3,4}; Landaluce, Natalia^{1,2,5}; Pípolo, Sofía¹

¹ FCEIA-UNR, ² FCECON-UNR, ³ EESOP1 8011, ⁴ ISPI 9024, ⁵ EESOP1 8066, ⁶ EESOP1 3039

RESUMEN

En el marco de actividades de extensión y de docencia que surgen de diferentes proyectos radicados en el Profesorado en Matemática, hemos venido apostando a la utilización de materiales que están a disposición para la formación docente en la especialidad. En particular, hemos montado gabinetes con manipulativos concretos que pueden emplearse como recursos didácticos, tanto en la carrera como en instituciones educativas de diversos niveles con las que nos hemos vinculado. Por otro lado, en cuanto a materiales audiovisuales con potencial educativo, hemos diseñado un Directorio Web que los presenta de manera clasificada, actualizada y ordenada. En esta ocasión deseamos compartir con la comunidad de la FCEIA un estado de situación con respecto a ambos materiales, difundir su uso y reflexionar acerca de las posibilidades didácticas de los mismos.

PALABRAS CLAVE

Materiales didácticos, Educación matemática, Manipulativos, Audiovisuales.

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo pretendemos dar a conocer el recorrido que venimos realizando desde el 2011 en el marco de proyectos radicados en el Profesorado en Matemática (PM) de la FCEIA en torno a los materiales didácticos y las secuencias relacionadas a los mismos. A partir de estos proyectos, que son de Investigación, Extensión Universitaria, Voluntariado Universitario y Comunicación de la Ciencia, hemos iniciado nuestras experiencias de trabajo junto a docentes y estudiantes de instituciones educativas de distintos niveles, fortaleciendo la formación inicial y continua de profesores en Matemática. Las primeras escuelas participantes fueron elegidas por su cercanía geográfica y conocimiento de sus problemáticas. La labor sostenida en el tiempo y el vínculo de los sujetos involucrados con sus entornos, nos permitieron llegar a otras instituciones de Rosario y zonas aledañas. A su vez, nuestros objetivos fueron adaptándose a las nuevas necesidades de las escuelas y a las nuestras como equipo de trabajo.

Entre las acciones que fuimos llevando a cabo junto con las instituciones participantes podemos destacar las siguientes: relevamiento sobre necesidades e intereses; indagación acerca de los recursos didácticos a disposición; intercambio presencial y virtual con docentes; diseño y adaptación de recursos y secuencias didácticas que los vinculan; implementaciones áulicas de actividades que involucran el uso de recursos didácticos; creación de gabinetes de recursos y juegos educativos; organización de talleres con docentes y muestras interactivas e itinerantes; participación en congresos, jornadas, ferias y charlas (Sgreccia, Ciccio, Domínguez y Brunini, 2018).

En particular profundizaremos sobre algunos de los recursos con los que cuenta el gabinete de manipulativos concretos del PM. Respecto a materiales audiovisuales con potencial educativo nos centraremos en el Directorio Web de la carrera que los presenta de manera clasificada, actualizada y ordenada.

2. MATERIALES DIDÁCTICOS

Si bien existen diferentes definiciones de materiales o recursos didácticos, destacamos la de Alsina, Burgués y Fortuny (1988), quienes sostienen que se trata de todos aquellos objetos, aparatos o medios de comunicación que pueden ayudar a describir, entender y consolidar conceptos fundamentales en las diversas fases de aprendizaje.

Coincidimos con Reyes (2011) en que poder experimentar los recursos didácticos en primera persona, en conjunto con otros docentes, y detenerse a pensar en potenciales aprendizajes de los alumnos forma parte de un proceso de empoderamiento. El foco se pone en la intencionalidad y en la versatilidad que los recursos pueden portar (Flores, 2006).

El material didáctico suele usarse para provocar acciones tanto físicas como mentales y facilitar la resolución de problemas prácticos en un determinado contexto. En la clase de Matemática pueden servir como intermediarios en los

procesos de enseñanza y de aprendizaje, dado que facilitan múltiples interpretaciones del contenido que el docente pretende enseñar. Se pueden clasificar en manipulativos concretos (aquellos a los que se accede por medio del sentido del tacto) y digitales (aquellos a los que se accede a través de dispositivos electrónicos).

2.1. Manipulativos concretos en Educación Matemática

Asumiendo que los procesos de aprendizaje de la Matemática se dan en un marco de interacción entre el sujeto que aprende y un medio instruccional (Terán y Anido, 2010) y teniendo en cuenta que el razonamiento abstracto es uno de los modos de pensamiento a promover en dichos procesos, Uicab (2009) propone incursionar en la actividad manipulativa. Según la autora, este tipo de actividad permite, a través de la visualización, ir de lo concreto a lo abstracto con el fin de proporcionar a los estudiantes elementos para la construcción de ideas matemáticas.

La visualización, la exploración de casos, la imaginación de posibilidades que surgen al manipularlo, el análisis de similitudes y diferencias entre los distintos casos abordados, la elaboración de conjeturas a partir del análisis de situaciones particulares, entre otras, son habilidades matemáticas que pueden promoverse a partir de un buen uso de materiales manipulativos. Para ello, Ek, Haas y Uicab (2010) sugieren que el docente tenga en cuenta: de qué modo los materiales manipulativos pueden ayudar a lograr los objetivos establecidos, qué contenido se pretende abordar con dicho material, cómo conjugarlo con las características de los alumnos, a qué nivel va dirigido, en qué medida lo permite la infraestructura de la escuela y qué tipo de actividades se pueden implementar con él.

Entre los distintos manipulativos que existen, destacamos al juego como un recurso que puede formar parte de las actividades planificadas para el aula, dentro de una secuencia de enseñanza y, en este sentido, no es solo un entretenimiento sino una herramienta efectiva y útil para aprender determinados contenidos (Cardón y Sgreccia, 2016).

Coincidimos con que la utilización del juego en el aula debe estar acompañada de una intencionalidad clara como herramienta didáctica, pues jugar no es suficiente para aprender (Ministerio de Educación de la Nación, 2004). Asimismo el juego provee de nuevas formas para explorar la realidad y estrategias diferentes para operar sobre esta. Favorece un espacio para la espontaneidad, pudiendo cada alumno relativamente independizarse de la intencionalidad inicial del profesor, recreándola creativamente.

Los recursos didácticos con los que fuimos trabajando en este tiempo se pueden distinguir en dos grandes grupos: juegos educativos y recursos didácticos especialmente diseñados (Alegre, Dominguez, Landaluce y Pípolo, en prensa).

El primero de los grupos está conformado por juegos de mesa tradicionales proyectados para ser utilizados con intención de enseñanza. Cuentan con instrucciones de uso y cabe advertir que pueden confeccionarse para cualquier contenido de Matemática de la escolaridad e incluso de otra asignatura escolar. Además, se prestó especial atención a involucrar distintas representaciones y registros de representación semióticos (coloquial, gráfico, tabular, simbólico; Duval, 1999). También resulta oportuno señalar que estos juegos elaborados pueden utilizarse para todos los momentos de los procesos de enseñanza y de aprendizaje (en el inicio del tema, durante el desarrollo, como aplicación, como cierre). Detallaremos algunas características del Dominó y Ludo:

Dominó (Fig. 1). Los materiales empleados para construirlos fueron diversos: para las fichas se utilizó cartón, madera de diferentes espesores o cartulinas plastificadas en frío; mientras que para guardarlos se los colocó en bolsas de friselina especialmente diseñadas, en bolsas de plástico con cierre hermético o en cajas de cartón etiquetadas correspondientemente. En el gabinete del Profesorado contamos con ejemplares para los contenidos de cuerpos, números naturales, números racionales, función lineal, área de figuras planas y ángulos.

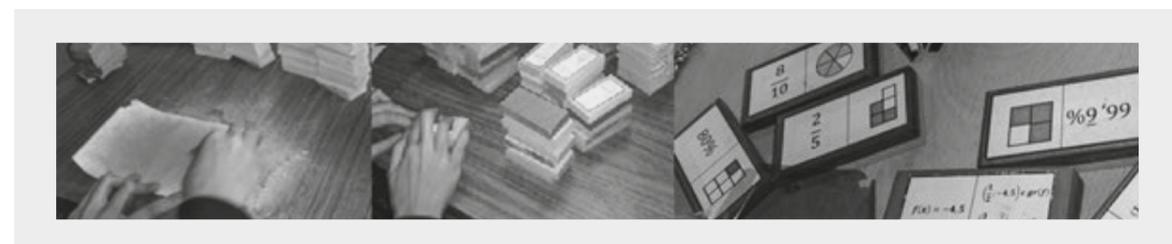


Figura 1. Elaboración del Dominó matemático.

Ludo (Fig. 2). Los materiales utilizados para su elaboración fueron: cartón o madera para confeccionar el tablero, sobres para las consignas de las preguntas –relativas a varios contenidos, distinguidos con A, B, ...–, cartulinas dentro de los

sobres con las respuestas, porcelana fría o arandelas pintadas para las fichas. Para su guardado se confeccionaron bolsas de friselina o se emplearon bolsas plásticas de comercios que resultaron adecuadas. En el Profesorado se han diseñado para trabajar contenidos como números enteros, ecuaciones lineales, factorización de polinomios y números racionales –orientado al nivel secundario de educación– así como numeración del 1 al 10, figuras geométricas, múltiplos y divisores –para primaria–.

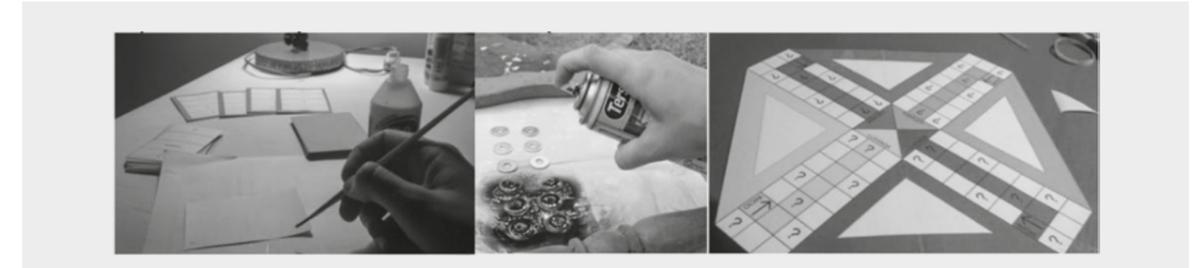


Figura 2. Elaboración del Ludo matemático.

Respecto a los recursos especialmente diseñados, en este trabajo presentaremos de manera sucinta dos de ellos: Geoplano y Poliformas:

Geoplano (Fig. 3). Existen de diferentes tipos: triangular, cuadrangular y circular, siendo de estos dos últimos tipos los que se han diseñado desde el Profesorado en un solo tablero (denominándose bigeoplanos). El recurso está conformado por un tablero con clavos o tornillos incrustados en él y bandas elásticas de distintos colores e hilo, para representar sobre ellos (segmentos, figuras, situaciones).

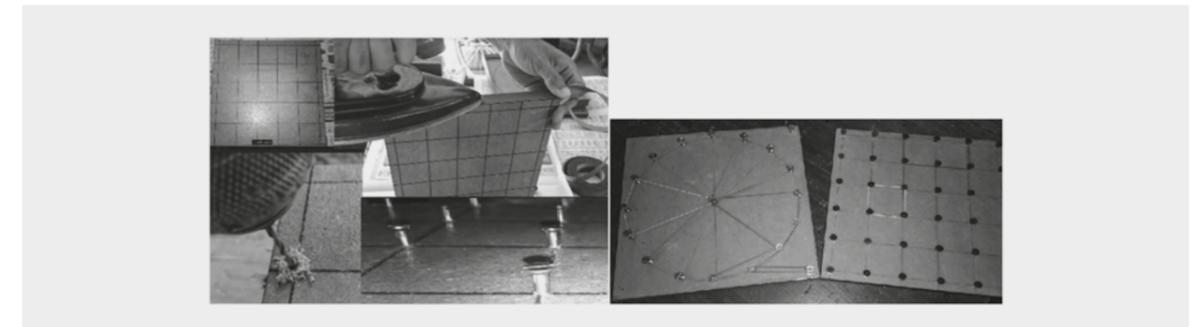


Figura 3. Elaboración del Geoplano.

Poliformas (Fig. 4). Sus piezas se pueden utilizar para armar cualquier cuerpo geométrico. En particular se diseñaron kits para construir los sólidos platónicos, entre otras construcciones que pueden emerger de la imaginación y creatividad de los alumnos.

Para su elaboración se utilizaron diferentes materiales como placas radiográficas desteñidas, cartones de variados envases o plásticos delgados. Se emplean bandas elásticas para ensamblar las piezas que pueden tener cualquier forma pero con la misma longitud de lado. Los kits diseñados en el Profesorado cuentan con 55 piezas en total: 35 triángulos equiláteros, 7 cuadrados y 13 pentágonos regulares (que permiten el armado de los cinco sólidos platónicos).



Figura 4. Elaboración de Poliformas.

2.1.1. El Tangram como recurso didáctico

El Tangram es un tipo de rompecabezas formado por un conjunto de piezas conocidas con el nombre de tans, que se obtienen al diseccionar una figura plana (aunque existen también Tangrams espaciales). Entre sus finalidades se encuentra la disposición de las piezas para formar diferentes siluetas que reciben el nombre de tangramas. Al formarlas, las piezas no deben superponerse entre sí y deben utilizarse en su totalidad (salvo que se explicita lo contrario). Los distintos tipos de Tangram pueden variar en cuanto a su forma y a la cantidad de piezas que contienen.

A partir de investigaciones realizadas (Villaruel y Sgreccia, 2011, 2012) se han identificado los siguientes tipos: Chino, de Fletcher, Cardiotangram, Hexagonal, Pentagonal, Triangular, Japonés, de Lloyd, Pitagórico, Stomachion, de Brügner, Ovoido y Espacial (se presentan en este orden en la Fig. 5).

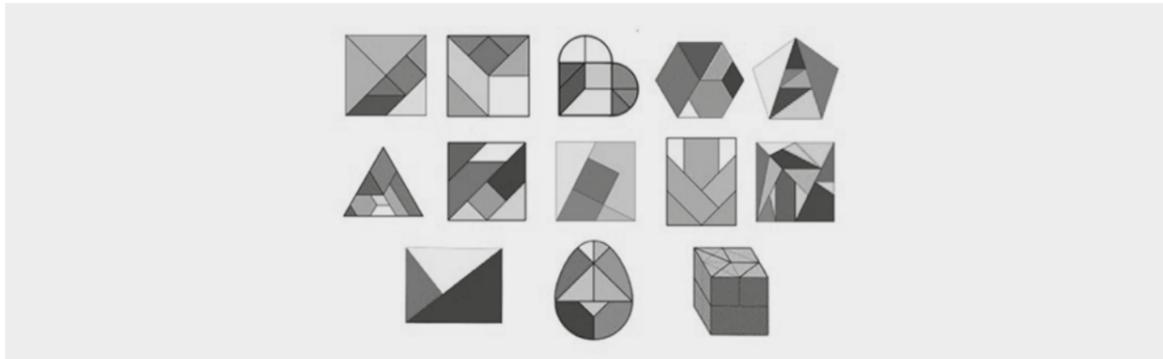


Figura 5. Tipos de Tangram.

Cabe advertir que 11 de estos tipos (todos menos el tangram Japonés y Espacial) conforman lo relativo a Tangram del gabinete de recursos didácticos con el que cuenta en la actualidad el PM.

Actualmente, en el marco de una tesis de Maestría en Didáctica de las Ciencias con mención en Matemática de la FCEIA, se indaga en el uso que hacen los estudiantes avanzados y egresados recientes del PM en este tipo de material didáctico concreto manipulativo con sus diferentes variantes. El interés por indagar sobre este recurso se debió a que su utilización en la clase es un aspecto a profundizar y reforzar en la formación inicial y continua de profesores, situación observada a partir de la participación en proyectos de Extensión a la comunidad educativa en general.

La corriente educativa que enmarcan estas actividades y guían las mismas para su implementación con estudiantes es la Educación Matemática Realista (Bressan, 2005), la cual se basa en seis principios: de actividad, de realidad, de niveles, de reinención guiada, de interrelación y de interacción. Dichos principios se relacionan entre sí y con conceptos claves como matematización y modelos. En esta corriente el término manipulable es utilizado para material táctil y representaciones gráficas, que funcionan como modelos. Este término no está siendo considerado en sentido literal (como ejemplo de algo) o solamente involucrando objetos y simbolismo matemático puro; sino que abarca materiales, bosquejos visuales, situaciones paradigmáticas, esquemas, diagramas e incluso símbolos. Entre los modelos trabajados en la EMR se destacan las situaciones paradigmáticas, los materiales físicos y los esquemas notacionales (Heuvel-Panhuizen, 2009).

2.2. Materiales audiovisuales con potencial educativo

Creemos que los profesores tienen que conocer y entender cuáles son las tecnologías específicas más adecuadas para abordar diferentes temáticas, además de estar al tanto de cómo las tecnologías pueden resignificar los contenidos. Por ello pensamos que una forma de facilitar y promover un acceso adecuado es a través de los Repositorios digitales y Directorios Web, los cuales tornan más accesible la producción académica que circula en Internet relativa a un área temática particular (Aguado, 2015; San Martín, Guarnieri y Bongiovani, 2014) como, por ejemplo, es el caso de la Educación Matemática.

2.2.1. Directorio Web

En términos generales se puede decir que un Directorio Web es una colección de sitios organizados por categorías y subcategorías, que remite a los enlaces (cuando es posible), detallando una breve información sobre lo que ofrece cada

uno de los sitios. Además este tipo de material puede ser actualizado de forma periódica, ampliando su base de datos de manera continua.

Particularmente el Directorio web de Material Audiovisual (Fig. 6) fue creado en el año 2014, con la participación de estudiantes, egresados y docentes del PM. Se encuentra alojado en la página institucional de la Facultad (<http://www.fceia.unr.edu.ar/fceia/pmat/>) y su última versión fue diseñada mediante la herramienta Dreamweaver CC 2017.



Figura 6. Página inicial del Directorio web de Material Audiovisual.

Dicho Directorio Web consta de tres secciones temáticas: Educación, Matemática y Educación Matemática. En cada sección hay cinco tipos de materiales audiovisuales: películas, documentales, cortometrajes, conferencias y portales (Fig. 7).



Figura 7. Sección Educación Matemática del Directorio Web.

Cada tipo de material audiovisual tiene una breve descripción caracterizada por un conjunto de datos: país, año, género, duración resumen y link de acceso.

Antecede la descripción de cada material su denominación y una imagen. En la Fig. 8 ejemplificamos con la película "En busca del destino" de la sección Educación.

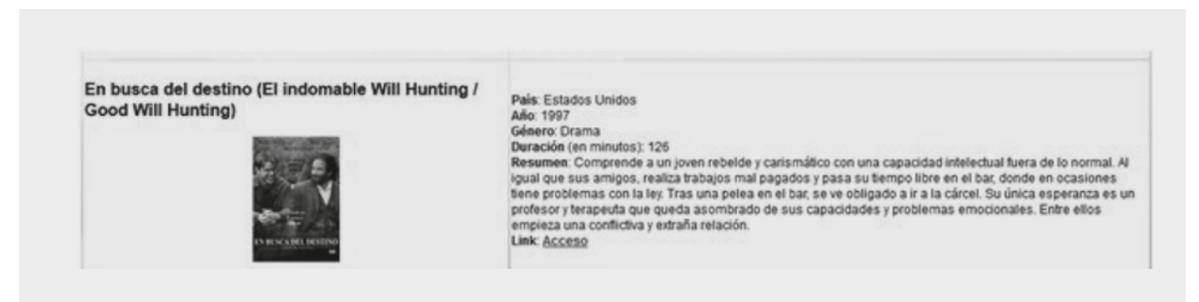


Figura 8. Datos particulares de un material del Directorio Web.

El Directorio Web se actualiza anualmente, a partir de la colaboración de docentes y estudiantes de la carrera, a nivel tanto de su contenido como de su presentación. Además se van realizando modificaciones en el formato, reagrupando materiales, mejorando la descripción y actualizando los links de acceso. Es decir, no solo se agregan materiales sino que también se revisan los existentes. En la Tabla 1 resumimos cómo ha variado la cantidad de materiales alojados en el Directorio desde su creación a la actualidad.

AÑO	TOTAL	EDUCACIÓN	MATEMÁTICA	EDUCACIÓN MATEMÁTICA
2014	112	61	27	24
2015	197	118	57	32
2016	291	196	58	37
2017	366	225	83	58

Tabla 1. Cantidad de materiales en cada sección año a año.

En estos años el sitio ha evolucionado considerablemente y proyectamos que continúe de la misma forma en el futuro. También creemos que es muy importante difundir este material tanto en la carrera como en otros Profesorados.

3. REFLEXIONES FINALES

El vínculo generado con diferentes instituciones educativas nos ha permitido reconocer la importancia de contar con gabinetes de materiales manipulativos en buen estado, ordenados y a disposición del personal además de contar con docentes criteriosos en la selección y elaboración de propuestas didácticas que involucren dichos recursos.

Asumiendo el compromiso social que compete a la Universidad en torno a problemáticas del medio detectadas, desde nuestro lugar nos propusimos abrirnos a la comunidad con propuestas concretas desde el área Matemática que contribuyan al logro de algunos ejes que consideramos vacantes. Principalmente nos focalizamos en el fortalecimiento de la formación de los docentes en ejercicio y los egresados recientes en el uso y análisis de las potencialidades de diversos recursos y juegos didácticos, como así también en la elaboración de propuestas educativas.

Todo ello con el objeto de favorecer su incorporación en la clase de Matemática en escuelas de distintos niveles contribuyendo a la mejora de su calidad. La inclusión significativa de variados materiales didácticos en el currículum real de cada aula, desde didácticas específicas que se hagan cargo de ello, es el objetivo principal de los Proyectos en los que hemos estado participando.

Cabe mencionar que la interacción con las diferentes instituciones educativas, en cuanto a la elaboración de los recursos didácticos, las secuencias didácticas realizadas y las implementaciones de las mismas, fueron nutriendo nuestro trabajo en extensión y brindando insumos en investigación.

Lo transitado al momento nos permite concluir que efectivamente es posible aportar a la resignificación de la Matemática Escolar con estos materiales, siempre y cuando haya una intencionalidad didáctica por detrás. También la experiencia nos indica que resulta muy importante el cuidado y accesibilidad de los materiales, para un trabajo gratificante tanto de docentes como de alumnos. Actualmente continuamos realizando experiencias como las aquí comentadas en escuelas de Rosario, la provincia de Santa Fe y provincias aledañas, con fuerte impacto en la formación docente.

REFERENCIAS

Aguado, E. (2015). Hecho en Latinoamérica: acceso abierto, revistas académicas e innovaciones regionales. Buenos Aires: CLACSO.

Alegre, H., Domínguez, E., Landaluce, N. y Pípulo, S. (en prensa). Materiales didácticos en la enseñanza de la Matemática. En N. Sgreccia (Coord.), Procesos de Acompañamiento en la formación inicial y continua de Profesores en Matemática. Salamanca: FahrenHouse.

Alsina, C., Burgués, C. y Fortuny, J. (1988). Materiales para construir la Geometría. Madrid: Síntesis.

Bressan, A. (2005). Los principios de la Educación Matemática Realista. En H. Alagía, A. Bressan y P. Sadovsky (2005). Reflexiones teóricas para la Educación Matemática (pp.69-98). Buenos Aires: Libros del Zorzal.

Cardón, V. y Sgreccia, N. (2016). Lugar que asume el juego como estrategia didáctica en clases de Matemática al inicio de la escolaridad primaria. Revista Iberoamericana de Educación Matemática Unión, (47), 81-105.

Duval, R. (1999). Semiosis y pensamiento humano. Registros semióticos y aprendizajes intelectuales. Cali: Universidad del Valle.

Ek, G. A., Haas, N. E. y Uicab, G. R. (2010). Formemos cuadrados. Acta Latinoamericana de Matemática Educativa, 23, 759-765.

Flores, P. (2006). Los materiales y recursos didácticos en la formación de profesores de matemáticas. Uno, (41), 77-97.

Heuvel-Panhuizen, M. van den (2009). El uso didáctico de modelos en la Educación Matemática Realista: ejemplo de una trayectoria longitudinal sobre porcentaje. Primera parte. Correo del Maestro, 160, 36-44.

Ministerio de Educación de la Nación (2004). El juego como recurso para aprender. Material para docentes. Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación.

Reyes, D. (2011). Empoderamiento docente desde una visión Socioepistemológica: Estudio de los factores de cambio en las prácticas del profesor de matemáticas. Tesis de Maestría en Ciencias con especialidad de Matemática Educativa. México: CINVESTAV.

San Martín, P., Guarnieri, G. y Bongiovani, P. (2014). Propuesta sociotecnológica para el desarrollo de repositorios de Acceso Abierto adecuados al contexto universitario argentino. Revista e-Ciencias de la Información, 4(2), 1-27.

Terán, T. y Anido, M. (2010). Las propuestas de los docentes como constructores de sus propios materiales didácticos. Acta Latinoamericana de Matemática Educativa, 23, 515-523.

Uicab, G. R. (2009). Materiales tangibles. Su influencia en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. Acta Latinoamericana de Matemática Educativa, 22, 1007-1013.

Villarroel, S. y Sgreccia, N. (2011). Materiales didácticos concretos en Geometría en primer año de Secundaria. Números, 78, 73-94.

Villarroel, S. y Sgreccia, N. (2012). Enseñanza de la Geometría en Secundaria. Caracterización de materiales didácticos concretos y habilidades geométricas. Unión, (29), 59-84.

Sgreccia, N., Ciccio, V., Domínguez, E. y Brunini, G. (2018). Una historia de recursos, matemática y educación. Novedades Educativas, (330), 40-46.

LA DIMENSIÓN HUMANA DENTRO DEL ÁMBITO DE LA FCEIA: ANÁLISIS DE UNA EXPERIENCIA EN DESARROLLO

Trumper, Adolfo E.; Porta, Estanislao; Navone, Hugo D

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura UNR; Instituto de Física de Rosario (CONICET-UNR)

trumper@ifir-conicet.gov.ar

RESUMEN

La racionalidad juega un papel fundamental en la formación de los estudiantes de nuestra facultad. Sin embargo, cuando se incorpora la dimensión humana surgen problemáticas mucho más complejas que son de vital importancia para el futuro desempeño profesional y ciudadano del estudiante. La integración de grupos de trabajo interdisciplinarios o el enfrentamiento de posibles dilemas éticos es un ejemplo de ello. Con el objetivo de abordar esta problemática, en el presente trabajo se desarrolla la estrategia educativa que hemos diseñado para el dictado de los espacios curriculares “Taller de Tesina” (Licenciatura en Ciencias de la Computación), “Naturaleza de la Ciencia” (Licenciatura en Física), y “Naturaleza de la Física” (Profesorado en Física) de la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales. Ésta consiste en tres ejes fundamentales: Filosófico, Epistemológico e Histórico-Social, los cuales permiten integrar el conocimiento científico a ese conocimiento humano que denominamos “Nuestra Cultura”. La modalidad de la unidad curricular es esencialmente dialógica-crítica. Para ello hemos desarrollado una serie de recursos didácticos: bibliografía especialmente seleccionada, trabajos prácticos, experimentos históricos y lectura reflexiva. La evaluación de siete años de docencia e investigación en este campo de trabajo nos permite concluir que la experiencia resulta muy enriquecedora y nos sugiere que su extensión a ámbitos más amplios de nuestra institución puede ser beneficiosa.

PALABRAS CLAVE

Dimensión humana, Las dos culturas, Recursos didácticos, Estrategia educativa.

1. EL ROL DE LA RAZÓN EN NUESTRA FACULTAD

Las Ciencias Exactas y Naturales son consideradas paradigmas de las disciplinas científicas. Su grado de madurez no sólo se ve reflejado en la cosmovisión y en el impacto que ésta ejerce cotidianamente sobre nuestra sociedad, sino también en el desarrollo de disciplinas meta-científicas tales como la epistemología o la filosofía de la ciencia.

Una buena parte de todo este conocimiento conforma los campos disciplinares de la Licenciatura en Física y la Licenciatura en Ciencias de la Computación. El éxito de éstas se sustenta en el rol que la racionalidad juega a través de su lenguaje, es decir, la lógica y las matemáticas. Sin embargo, cuando se incorpora la dimensión humana surgen problemáticas mucho más complejas que son de vital importancia para el futuro desempeño profesional de los estudiantes como, por ejemplo, la integración de equipos de trabajo interdisciplinarios o el enfrentamiento de posibles dilemas éticos como consecuencia de la utilización de los conocimientos desarrollados.

Dentro del ámbito de nuestra facultad, la forma de pensar y de actuar que adoptamos diariamente puede ser caracterizada mediante lo que denominamos la actitud teórica y la actitud pragmática. La actitud teórica está relacionada con el modo en que construimos el conocimiento científico o nuestras teorías; mientras que la actitud pragmática está relacionada con el modo en que elaboramos un conocimiento fiable a la hora de resolver problemas tanto en el ámbito científico como en el ámbito cotidiano.

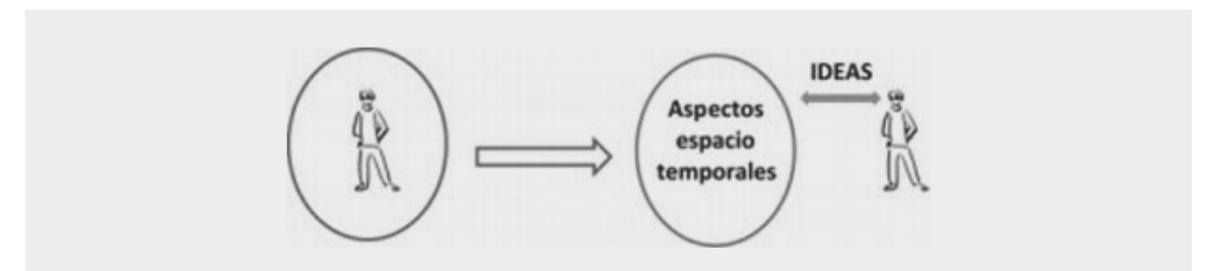


Figura 1. Actitud teórica. Observador en tercera persona, desvinculado.

En la actitud teórica asumimos la hipótesis –heredada de los antiguos griegos (Carpio, 2004; Schrödinger, 1997)– de que el mundo que nos rodea puede ser inteligible y, además, puede ser interpretado a través de las ideas (Fig. 1). Esto genera una perspectiva de tercera persona, desvinculada del mundo, típica de un observador externo. Luego, articulando las ideas, nuestro conocimiento se construye y se expresa a través del lenguaje (Dreyfus y Taylor, 2016). Dentro del ámbito de las Ciencias Exactas y Naturales, la actitud teórica ha sido –y sigue siendo– muy exitosa. Pues, mediante el método hipotético-deductivo contrastado con la experiencia, desarrollado por Galileo Galilei en el 1600 (Galileo Galilei, 1945), se ha logrado dilucidar gran parte de los aspectos espacio temporales de casi todos los fenómenos naturales.

Desde el punto de vista pragmático, el modo de resolver problemas y elaborar conocimiento fiable, tanto en el ámbito científico como en el cotidiano, está íntimamente arraigado a los cuatro preceptos que René Descartes elaboró en el 1600 en El Discurso del Método (Descartes, 2007). De manera simplificada, estos preceptos consisten en:

- 1) La reducción del todo en sus partes (hipótesis reduccionista)
- 2) La búsqueda de un fundamento seguro en cada parte
- 3) La reconstrucción del todo como la suma de las partes (hipótesis constructivista)
- 4) La realización de todo esto mediante un proceso riguroso y sin errores

En nuestras disciplinas, que tratan sobre el mundo de los objetos o de las cosas, estas dos actitudes, teórica y pragmática, se utilizan exitosamente. Ejemplos de ello lo constituyen la revolución industrial, la revolución informática y la revolución de las comunicaciones. Sin embargo, cuando ingresamos al mundo intersubjetivo, la confianza adquirida en nuestra disciplina puede convertirse en un obstáculo. Por ejemplo, a la hora de consensuar o acordar con otros integrantes de un mismo equipo de trabajo o de tomar decisiones estratégicas frente a dilemas éticos (Habermas, 2010). Es decir, que el empleo acrítico e irreflexivo del conocimiento fiable adquirido puede transformarse en una creencia consciente, o inconsciente, que eventualmente obstaculice las relaciones humanas. Además, estas actitudes pueden conducir a que implícitamente se desprecien los aspectos subjetivos frente a los objetivos. Un ejemplo de ello es el bien conocido “problema de las dos culturas” entre las Ciencias Exactas y Naturales y las Ciencias Sociales (Heler, 2005). Muchas veces aplicamos estas actitudes teóricas y pragmáticas sin ser conscientes de que todas nuestras acciones se fundan en una de las creencias más fuerte y arraigada que tenemos de nosotros mismos, nuestro “yo”. En este sentido, consideramos que es de fundamental importancia trabajar la reflexión personal y la socialización de perspectivas en primera persona, mediante distintas estrategias y dispositivos didácticos. De esta manera, se pone en cuestión la racionalidad de carácter físico-matemático o instrumental y entra en escena la racionalidad como cualidad humana. Pues, como dice Habermas, sólo es racional quien puede decir “yo” o “nosotros” y puede tematizar sobre “aquello que es” o “aquello que hace” y atribuírselo a sí mismo (Burello, 2013).

2. ENFOQUE DEL ESPACIO CURRICULAR

El objetivo de este espacio curricular consiste en darle al alumno meta-puntos de vista, más allá de su disciplina específica, que le permitan actuar con espíritu crítico, autonomía y libertad de pensamiento al enfrentar diferentes problemáticas.

Para lograr este objetivo se desarrollan actividades a lo largo de tres ejes fundamentales: epistemológico, filosófico e histórico-social que nos sirven para caracterizar la noción que tenemos sobre nuestra cultura (Fig. 2). Dado que al momento del cursado (quinto año de Licenciatura en Ciencias de la Computación y de Licenciatura en Física, y cuarto año del Profesorado en Física) los estudiantes ya han transitado por una cierta variedad de paradigmas de la ciencia, el eje epistemológico permite ahondar sobre la metodología de la ciencia, los criterios de validación de la verdad, la racionalidad como presupuesto básico y los límites de su alcance (Bunge, 2001; Kuhn, 1988; Chalmers, 2002; Geymonat, 1994). Por otro lado el eje filosófico permite ubicar a la ciencia misma dentro del contexto de la indagación filosófica original sobre la naturaleza del cosmos y la condición humana (Carpio, 2004; Ortega y Gasset, 2005); mientras que el eje histórico-social permite comprender el avance de las ideas a través de los grandes paradigmas de la historia de la ciencia y su relación con las distintas necesidades del hombre teniendo en cuenta el contexto histórico en que fueron desarrollados (Hobsbawm, 2009; Heler, 2005). Para enriquecer el diálogo sobre las dimensiones de trabajo expuestas, se ha seleccionado y elaborado un material de lectura propio.

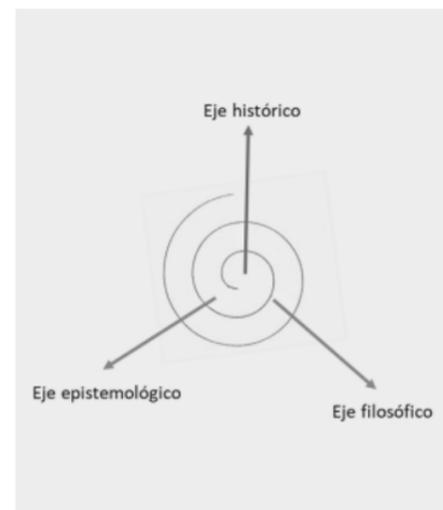


Figura 2. Ejes de trabajo. La espiral indica que los tres ejes no son desarrollados independientemente sino que son articulados en cada momento histórico.

3. DISPOSITIVOS Y ESTRATEGIAS DE TRABAJO

Los dispositivos didácticos diseñados adquieren la forma de Trabajos Prácticos en donde el objetivo es promover un aprendizaje activo, de alta implicación y compromiso de todos los participantes, en donde se pongan en juego ideas y creencias individuales y colectivas para poder interpelarlas mediante el diálogo crítico. Se trata, también, de reconstruir las propias trayectorias académicas en el contexto de la historia vital de los participantes, en donde los aspectos humanos, sociales y culturales emergen permanentemente con toda su carga subjetiva. Todo esto se logra a partir de la socialización grupal de las producciones que surgen del desarrollo de cada trabajo práctico propuesto.

Además, también se proponen actividades integradoras, cuyo propósito explícito es articular los distintos contenidos y construcciones que los participantes van aportando durante el desarrollo curricular de este espacio, en compañía del equipo docente.

Los trabajos prácticos que se proponen, entre otros muchos posibles, son:

- (1) Recorrido histórico: el objetivo es bosquejar una trayectoria tomando como referencia los hitos, ideas y creencias de cada momento histórico de nuestra cultura. Los mismos son utilizados a lo largo de toda la asignatura.
- (2) Experimento de Galileo: se realiza en clase el experimento histórico de las esferas rodantes sobre el plano inclinado con el propósito de realizar un análisis completo de las distintas componentes del método hipotético-deductivo contrastado con la experiencia (Galileo Galilei 1945; Boido, 2008).
- (3) El Discurso del Método en primera persona: el objetivo es analizar críticamente el pensamiento de Descartes quien, junto con Galileo Galilei, inauguró la era moderna. La idea del trabajo consiste no sólo en caracterizar la era moderna sino en reflexionar en qué medida dicho modo de pensar está presente en nuestra realidad, con sus ventajas y dificultades (Descartes, 2007; Carpio, 2004).

Las actividades integradoras que hemos diseñado son:

- (1) Evolución histórica del concepto de conocimiento: el objetivo de esta actividad es que los participantes tomen conciencia de que la noción de conocimiento se transforma continuamente estando ligada ésta a la dimensión cultural del hombre (Ortega y Gasset, 2005).
- (2) Subjetividad en las Ciencias Exactas y Naturales: el objetivo de esta actividad consiste en analizar críticamente si a lo largo del proceso de investigación es posible, o no, despojarse de todos los aspectos subjetivos.

En correspondencia con el modo de trabajar que hemos propuesto, la evaluación es de carácter formativo y continua, basada en procesos de regulación de los aprendizajes con oportunas intervenciones del equipo docente y con la intencionalidad puesta en favorecer procesos que promuevan la comprensión humana a partir de la reflexión crítica sobre cada una de las problemáticas que se plantean y abordan.

3. CONCLUSIONES

Este espacio curricular se dicta desde hace 7 años en la Licenciatura en Ciencias de la Computación. Hace 3 años se extendió al ámbito de la Licenciatura en Física como asignatura electiva y, hace 2 años, al Profesorado en Física como asignatura curricular.

Durante estos años se ha observado una gran necesidad de construir espacios de diálogo y, en este sentido, la asignatura fue evolucionando de manera tal de dinamizar la interacción entre todos los participantes. Cabe destacar que la incorporación de los estudiantes de Licenciatura en Física y Profesorado en Física amplió la diversidad de miradas, profundizando el nivel de debate. Consideramos además que los ejes de trabajo propuestos complementan los contenidos disciplinares de las carreras mencionadas, promoviendo una ampliación de la perspectiva de los alumnos, tanto de la propia disciplina como de su interrelación con otros campos del saber.

Finalmente, pensamos que la experiencia resulta muy enriquecedora y nos sugiere que su extensión a ámbitos más amplios de nuestra institución puede ser muy beneficiosa, puesto que la estrategia propuesta permite incorporar naturalmente en el ámbito de la FCEIA la dimensión humana.

REFERENCIAS

Boido, G. (2008). Noticias del planeta Tierra. Buenos Aires: A-Z Editora.

Bunge, M. (2001). La ciencia, su método y su filosofía. Buenos Aires: Sudamericana.

Burello, M. (2013). Habermas, una introducción. Buenos Aires: Quadrata.

Carpio, A. (2004). Principios de Filosofía: una introducción a su problemática. Buenos Aires: Glauco.

Chalmers, A. E. (2002). Qué es esa cosa llamada ciencia? Buenos Aires: Siglo XXI.

Dreyfus, H. y Taylor, Ch. (2016). Recuperar el realismo. Madrid: Ediciones Rialp.

Descartes, R. (2007). Discurso del método y meditaciones metafísicas. Buenos Aires: Gradifco.

Galileo Galilei (1945). Diálogos acerca de dos nuevas ciencias. Buenos Aires: Losada.

Geymonat, L. (1994). El pensamiento científico. Buenos Aires: Eudeba.

Habermas J. (2010). Ciencia y técnica como ideología. Madrid: Tecnos.

Heler, M. (2005). Ciencia incierta. La producción social del conocimiento. Buenos Aires: Biblos.

Hobsbawm, E. (2009). Historia del siglo XX. Buenos Aires: Crítica.

Kuhn, T. (1988). La estructura de las revoluciones científicas. México: Fondo de Cultura Económica.

Ortega y Gasset, J. (2005). En torno a Galileo. Madrid: Biblioteca Nueva.

Schrödinger, E. (1997). La Naturaleza y los griegos. Madrid: Tusquets.

GRÁFICAS CARTESIANAS EXPERIMENTALES Y MODELIZACIÓN

Yanitelli, Marta; Scancich, Miriam; Pala, Leandro

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura UNR

scancich@fceia.unr.edu.ar

RESUMEN

En los cursos de Física de nivel básico universitario, cuando los estudiantes se enfrentan a una actividad de laboratorio generalmente deben utilizar, valorar y transformar datos, e interpretar y comunicar información a partir de gráficas cartesianas. Este procesamiento orientado a la comprensión de un fenómeno real demanda interrelacionar distintos lenguajes y construir modelos conceptuales, gráficos y matemáticos. Estos modelos y sus interrelaciones pueden considerarse sustentados por el desarrollo de ciertas habilidades cognitivas. En este trabajo se presenta la definición de tales habilidades y su intervención en la construcción de modelos; lo cual, creemos, puede constituirse en insumo valioso para el planteo de situaciones didácticas de laboratorio con el propósito de lograr en los estudiantes un aprendizaje genuino.

PALABRAS CLAVE

Gráficas cartesianas de datos experimentales, Modelización, Habilidades cognitivas.

1. CONTEXTO DIDÁCTICO

La comprensión de gráficas cartesianas (GC) de datos experimentales constituye un aspecto fundamental tanto en el estudio de los fenómenos físicos como en la comunicación de información asociada a los mismos. En los cursos de Física de nivel básico universitario, cuando los estudiantes se enfrentan a una actividad de laboratorio generalmente deben utilizar, valorar y transformar datos, e interpretar y comunicar información a partir de GC. Este procesamiento demanda interrelacionar los lenguajes gráfico, simbólico de la matemática y el específico de la Física; es decir, requiere de la interrelación de diferentes representaciones semióticas. Refiriéndose a éstas Duval (1999) afirma que las características de las representaciones semióticas producidas por un individuo estarán relacionadas con el conocimiento del sujeto sobre el sistema semiótico utilizado. Tener en cuenta la naturaleza semiótica de las representaciones implica considerar tanto las formas en que se utilizan como las habilidades cognitivas (HC) que involucran.

Hemos detectado, en concordancia con diversos trabajos de investigación (Cook, Carter y Wiebe, 2008; Postigo y Pozo, 2000; Ryder y Leach, 2000; Sassi, Monroy y Testa, 2005; Testa, Monroy y Sassi, 2002), que ciertas dificultades en la construcción, tratamiento y análisis de GC de diferente complejidad persisten en los estudiantes aún después de transitar por un curso universitario introductorio de Física orientado a fortalecer los conocimientos básicos de la disciplina que, en general, no han sido abordados en la escuela media con la profundidad requerida.

Además, encontramos que algunas de estas dificultades se mantienen en el siguiente curso de Física de primer año, el cual contempla específicamente la enseñanza de GC de datos experimentales (Yanitelli, Scancich y Labanca, 2014). En particular, aquéllas que están asociadas a HC que involucran razonar en términos de tendencia, realizar predicciones sobre el comportamiento de las variables a las cuales refieren los datos experimentales y efectuar conversiones entre representaciones construidas con diferentes registros semióticos. La dificultad para la conversión reside en la necesidad de diferenciar las unidades significantes pertenecientes a cada uno de los sistemas semióticos en los cuales se expresan las representaciones, para proceder a articularlos después. Estas unidades pueden ser de carácter discreto, como en el caso del lenguaje formal, o presentarse de forma integrada como en las GC. La dificultad también es generada porque estas unidades no siempre presentan la misma función. Por esto, los estudiantes antes de proceder a convertir una representación deben aprender a diferenciar de manera específica cada una de las unidades que conforman el registro semiótico en el cual se expresan las representaciones que desean convertir (García García, 2005a).

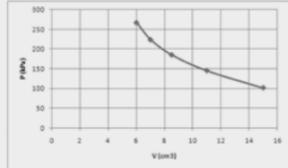
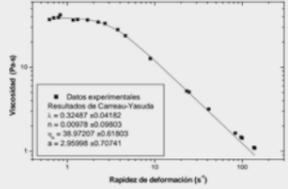
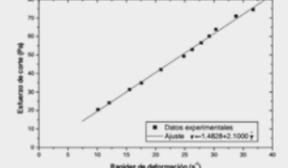
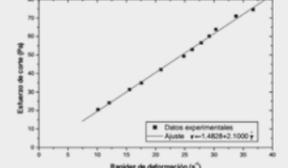
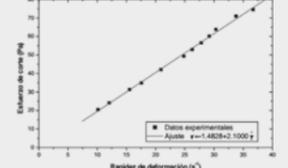
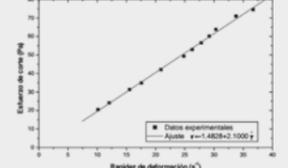
Este escenario nos ha llevado a indagar sobre cuáles son los elementos que permitirían aportar al proceso de aprendizaje de GC de datos experimentales en el contexto de la formación de los futuros profesionales de la ingeniería. En este sentido, valoramos llevar adelante una revisión de artículos publicados en la revista Latin American Journal of Physics Education entre los años 2007 y 2013 que presentan propuestas didácticas que incorporan GC de datos experimentales (Yanitelli, Scancich y Pala, 2015). En una instancia posterior profundizamos en la caracterización de las HC que se ponen en juego en las propuestas didácticas analizadas y procedimos a definir las; a ajustar tales definiciones para

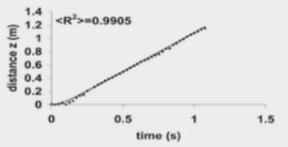
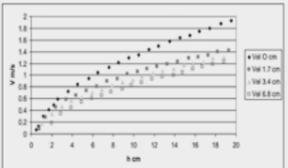
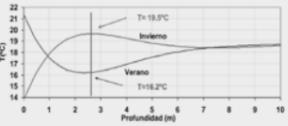
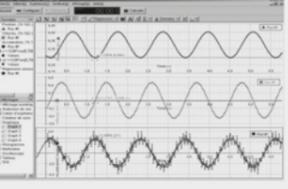
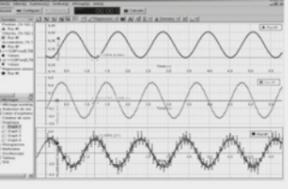
evitar ambigüedades y facilitar su identificación en futuros análisis; finalmente, articulamos las HC reconocidas con el proceso de modelización (Yanitelli, Scancich y Pala, 2017).

2. HABILIDADES COGNITIVAS

En la Tabla 1 se presenta: en la primera columna las HC y sus definiciones; en la segunda columna ejemplos de GC, extraídas de los artículos analizados, que se seleccionaron como representativas de las correspondientes HC y, en la última, transcripciones en cursiva de segmentos de texto con los que los autores de la propuesta acompañan a la GC u observaciones propias señalando aspectos específicos de la gráfica, que se consideraron como indicadores de las HC puestas en juego.

Tabla 1. Habilidades cognitivas: definiciones, ejemplos e indicadores.

HABILIDAD COGNITIVA	GRÁFICA CARTESIANA	INDICADOR / OBSERVACIÓN
Identificar: supone reconocer las variables correspondientes a cada uno de los ejes coordenados.	<p>Gráficas Para ver la relación entre presión y volumen del aire encerrado en la jeringa se hace una gráfica, en el eje vertical graficamos la presión y en el eje horizontal el volumen como se muestra en la figura 5.</p>  <p>FIGURA 5. Gráfica de presión contra volumen.</p>	<p>“en el eje vertical graficamos la presión y en el eje horizontal el volumen” García Torres y Ruiz Chavarria (2010), p. 960</p>
Establecer proporcionalidad: consiste en determinar el factor de proporcionalidad (escala) entre la unidad de medida a lo largo del eje coordenado y el valor de la cantidad representada.	 <p>FIGURA 12. Curva de viscosidad contra la rapidez de deformación en representación logarítmica. La línea continua corresponde al ajuste del modelo de Carreau-Yasuda. T=22°C.</p>	<p>En muchas gráficas científicas resulta conveniente la utilización de, por ejemplo, escalas logarítmicas para facilitar la obtención de información. “La figura 12 presenta la gráfica de la viscosidad como función de la rapidez de deformación en escala logarítmica.” Méndez-Sánchez, Pérez-Trejo y Paniagua Mercado (2010), p. 244</p>
Ajustar: supone aproximar una función a un dado conjunto de datos experimentales.	<p>En la figura 7, se muestra la curva de flujo obtenida para este fluido. Se puede ver que la relación que existe entre el esfuerzo de corte y la rapidez de deformación es lineal en todo el intervalo que se presenta, lo que indica que este fluido tiene un comportamiento newtoniano y puede representarse por la ecuación (6). Comparando la ecuación constitutiva (ecuación 6) con la ecuación de ajuste de los datos experimentales, se tiene que la viscosidad para este fluido es igual a $\eta=2.100\text{Pas}$, este valor se comparó con el de $\eta=2.13\text{Pas}$ obtenido empleando un viscosímetro comercial marca Brookfield Modelo LVTDV-II. Teniendo una diferencia porcentual no mayor al 2%.</p>  <p>FIGURA 7. Curva de flujo para la glicerina. T=19°C.</p>	<p>“Se puede ver que la relación que existe entre el esfuerzo de corte y la rapidez de deformación es lineal en todo el intervalo...” Méndez-Sánchez, Pérez-Trejo y Paniagua Mercado (2010), p. 242</p>
Transformar: supone un proceso de conversión gráfica cartesiana-formulación matemática o formulación matemática-gráfica cartesiana.	<p>En la figura 7, se muestra la curva de flujo obtenida para este fluido. Se puede ver que la relación que existe entre el esfuerzo de corte y la rapidez de deformación es lineal en todo el intervalo que se presenta, lo que indica que este fluido tiene un comportamiento newtoniano y puede representarse por la ecuación (6). Comparando la ecuación constitutiva (ecuación 6) con la ecuación de ajuste de los datos experimentales, se tiene que la viscosidad para este fluido es igual a $\eta=2.100\text{Pas}$, este valor se comparó con el de $\eta=2.13\text{Pas}$ obtenido empleando un viscosímetro comercial marca Brookfield Modelo LVTDV-II. Teniendo una diferencia porcentual no mayor al 2%.</p>  <p>FIGURA 7. Curva de flujo para la glicerina. T=19°C.</p>	<p>“puede representarse por la ecuación (6)” Méndez-Sánchez, Pérez-Trejo y Paniagua Mercado (2010), p. 242</p>
Vincular: implica reconocer las correlaciones que pueden establecerse entre los parámetros matemáticos de la ecuación asociada a la GC (tales como la pendiente de una recta, la ordenada al origen, entre otros) y determinadas magnitudes físicas.	 <p>FIGURA 7. Curva de flujo para la glicerina. T=19°C.</p>	<p>“... la ecuación de ajuste de los datos experimentales, se tiene que la viscosidad para este fluido es igual a $\eta = 2,100\text{ Pas}$.” Méndez-Sánchez, Pérez-Trejo y Paniagua Mercado (2010), p. 242</p>
Interpretar: implica atribuir un significado a la información contenida en las GC, en función de una estructura conceptual disponible.	 <p>FIGURA 7. Curva de flujo para la glicerina. T=19°C.</p>	<p>“... este fluido tiene un comportamiento newtoniano”. Méndez-Sánchez, Pérez-Trejo y Paniagua Mercado (2010), p. 242</p>

<p>Contrastar: consiste en analizar la correspondencia entre la gráfica de la serie de datos obtenidos experimentalmente y la curva del modelo matemático, superponiendo ambas representaciones en una misma gráfica.</p>	 <p>FIGURE 7. The plotted data points (dots) are the experimentally measured vertical positions of a real samara in its retarded fall to ground. The continuous curve is the predicted vertical displacement given by our physics model. Note the excellent agreement and the short non-linear transient regime (R^2 is the correlation).</p>	<p>Ladera y Pineda (2009), elaboran lo que denominan un modelo mecánico para el movimiento complejo de caída del fruto de un árbol, para luego contrastarlo con las mediciones de un sensor de ultrasonido. Así, en el análisis de sus resultados destacan la excelente correspondencia obtenida.</p>
<p>Comparar: supone establecer semejanzas y diferencias entre dos o más curvas en una misma GC.</p>	<p>Figura (a)</p>  <p>FIGURA 3. Velocidad del agua para un tubo de 2 mm de diámetro interior y diferentes longitudes.</p> <p>Figura (b)</p>  <p>FIGURA 8. Variación de la temperatura del suelo para distintas profundidades, para el invierno (curva rosa) y verano (curva verde).</p>	<p>Es usual representar en una misma gráfica distintas curvas para el mismo par de variables en los ejes coordenados, cuando se estudia la relación entre esas dos variables para: (a) distintos valores –discretos– de una tercera variable, Figura (a); (b) diferentes condiciones o propiedades del sistema Figura (b).</p>
<p>Relacionar: implica establecer conexiones entre dos o más GC.</p>	 <p>FIGURE 5. Graphs of position, velocity and acceleration as a function of time of mass spring oscillator.</p>	<p>“Graphs of position, velocity and acceleration as a function of time are displayed in real time in the same window, illustrated in Figure 5. As shown in the top and middle plots the maximum and minimum values of the position occur when the velocity is zero. Likewise the maximum and minimum values of velocity occur when the position is at its equilibrium.” Amrani y Paradis (2010), p. 513</p>
<p>Asignar título: implica incluir el título de la GC indicando las variables, el sistema o fenómeno al cual se refiere y/o el contexto en el cual se estudian dichas variables.</p>	 <p>FIGURE 5. Graphs of position, velocity and acceleration as a function of time of mass spring oscillator.</p>	<p>“Graphs of position, velocity and acceleration as a function of time of mass spring oscillator” Amrani y Paradis (2010), p. 513</p>

En el proceso de construcción de una GC, la activación de la HC *Identificar* le posibilita a un estudiante reconocer las variables a representar. Así también, dado a la tarea de analizar una GC necesita, si es que quiere obtener información valiosa a partir de la misma, identificar correctamente las variables representadas en cada eje. En este sentido algunos investigadores (Mckenzie y Padilla, 1986; Padilla, McKenzie y Shawn, 1986) afirman que asignar correctamente las variables y manipularlas de forma apropiada es una HC necesaria para la correcta construcción e interpretación de gráficas.

Tanto la elección de una escala apropiada para la construcción de una GC como la habilidad para inferir acerca de la escala utilizada cuando se analiza la información de una GC, constituyen aspectos claves en la elaboración y tratamiento de las mismas.

El proceso de aproximar una función hace referencia a la tendencia de la serie de datos experimentales; es decir, la HC *Ajustar* consiste en establecer una dependencia funcional entre ambas variables representadas en la gráfica, tomando una decisión acerca del tipo de curva (constante, recta, parábola, exponencial, senoidal, etc.) que mejor ajusta los puntos representados, sin recurrir a una formulación matemática.

La HC *Vincular* implica un cambio de registro, una conversión, de un registro matemático a uno conceptual, establecien-

do una correspondencia entre ciertas unidades elementales (Duval, 2006).

La activación de la HC *Contrastar* permite determinar si los datos experimentales se corresponden, en mayor o en menor medida, con el modelo matemático; si éste es suficientemente bueno o satisfactorio para nuestro propósito, o no. Esta correspondencia permite realizar, en términos de Baird (1991), una comparación detallada entre las propiedades globales del sistema en estudio y el modelo teórico.

El desarrollo de la HC *Interpretar* está relacionado con un análisis global de la gráfica, en la búsqueda de la información que pueda extraerse de la misma a partir de la relación observada entre las variables y haciendo uso de conocimiento específico sobre el fenómeno en estudio.

La HC *Asignar título* permite establecer el área de contenido en la que se inserta la GC, lo cual contribuye a establecer las leyes y principios dentro de los cuales puede ser interpretado el fenómeno.

3. MODELIZACIÓN

La modelización, es decir la construcción de modelos, constituye un aspecto fundamental en el proceso dinámico y no lineal de construcción del conocimiento científico (Giere, 1992). A través de la modelización se conforman estructuras de relaciones complejas y de significados con códigos y conceptos propios que ofrecen reglas para explicar las situaciones, usando diferentes formas de representación (Justi, 2006; Rentería Rodríguez, 2009). Desde un punto de vista educativo, modelizar es el acto de representar las propiedades del fenómeno en estudio de manera simplificada, es decir, incluyendo en el modelo los aspectos relevantes del fenómeno según el objetivo propuesto. En el proceso de enseñanza y de aprendizaje en Física se pueden construir modelos conceptuales, gráficos, matemáticos, entre otros. En particular, en las propuestas didácticas estudiadas que incluyen la elaboración, tratamiento y análisis de GC se evidenció que la construcción de un modelo gráfico representado en un sistema de ejes cartesianos se sustenta, básicamente, en la conjunción de las HC *Identificar*, *Establecer proporcionalidad*, *Asignar título* y *Ajustar*. Estas HC están relacionadas con el volumen de información dentro del modelo gráfico que, de acuerdo con García García (2005b), corresponde a elementos informativos internos estructurales (variables correspondientes a cada uno de los ejes, escalas, datos experimentales dentro del espacio gráfico, entre otros). Las HC *Interpretar*, *Relacionar* y *Comparar* activan la interconexión entre los modelos gráfico y conceptual viabilizando la atribución de significado a partir de un conocimiento específico disponible. Esta interconexión demanda un nivel de procesamiento elevado de carácter conceptual, en el cual se procesa la información para generar relaciones conceptuales a partir del análisis global de la estructura gráfica. Es decir, en dicho nivel se elaboran interpretaciones, explicaciones o inferencias sobre los fenómenos representados por la gráfica haciendo uso de conocimientos relacionados. La interconexión entre los modelos gráfico y matemático, que se pone de manifiesto a través de las HC *Transformar* y *Contrastar*, posibilita la asociación de una entidad matemática a la curva que refleja la tendencia de los datos experimentales. La conversión de una representación en otra, expresada en un sistema semiótico diferente, requiere poner en correspondencia las unidades elementales en cada registro semiótico de las dos representaciones inicial y final, seleccionando y reorganizando desde la inicial sólo los elementos interesantes para la final (Duval, 2006). Se dan, entonces, las condiciones para realizar cálculos y obtener resultados con significado físico. La HC *Vincular* que implica convertir los parámetros de una ecuación en un contenido lingüístico natural pasando del registro algebraico o formal propio de la escritura simbólica al lenguaje natural, otorga significado a la interconexión entre los modelos matemático y conceptual. En síntesis, la modelización en tanto construcción de modelos subsume las HC definidas previamente y posibilita la reconciliación integradora (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983) de los modelos gráfico, conceptual y matemático a través de cambios de representación que se reflejan en cambios de lenguaje. Lo mencionado se sintetiza en la Figura 1.

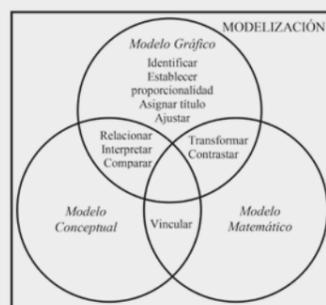


Figura 1. Modelos gráfico, conceptual y matemático y sus interconexiones.

4. PERSPECTIVAS

Las GC se posicionan en todos los campos del conocimiento y, por tanto, de la sociedad; el construirlas e interpretarlas acertadamente es una necesidad del futuro profesional, y es una responsabilidad de los ámbitos educativos dar respuesta a dicho requerimiento. Hoy se comprende que para resolver problemas de Física es necesario promover el desarrollo de habilidades para representar las situaciones del mundo en términos de modelos (Gangoso *et al.*, 2008; Giere, 1992; Justi, 2006). En este sentido es importante plantear propuestas de intervención didáctica que fortalezcan el desarrollo de las HC subsumidas en la modelización y, en particular, en los procesos de elaboración, tratamiento e interpretación de GC. Consideramos que las HC identificadas en el marco del presente trabajo pueden constituirse en insumo valioso para el planteo de ambientes de aprendizaje que permitan a los estudiantes lograr una comprensión genuina. Es nuestra intención, continuar y ampliar nuestra perspectiva respecto de las HC teniendo en cuenta los procesos intersubjetivos que dan cuenta de las intenciones de los sujetos que construyen, interpretan o usan GC, a fin de fortalecer los fundamentos teóricos y metodológicos delineados en nuestro proyecto relacionado con GC de datos experimentales obtenidos en tiempo real.

REFERENCIAS

- Amrani, D. y Paradis, P. (2010).** Use of Computer-Base Data Acquisition to Teach Physics Laboratories: Case Study - Simple Harmonic Motion, *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 4(3), 511-514.
- Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1983).** *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo.* México: Editorial Trillas.
- Baird, D. (1991).** *Experimentación. Una introducción a la teoría de mediciones y al diseño de experimentos*, 2a Ed. México: Prentice - Hall Hispanoamericana S.A.
- Cook, M., Carter, G. y Wiebe, E. (2008).** The interpretation of cellular transport graphics by students with low and high prior knowledge, *International Journal of Science Education*, 30(2), 239-261.
- Duval, R. (1999).** *Semiosis y pensamiento humano. Registros semióticos y aprendizajes intelectuales.* Edita: Universidad del Valle y Peter Lang S.A., citado en García García, J. (2005). Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias de la Educación, Granada.
- Duval, R. (2006).** Un tema crucial en la educación matemática: La habilidad para cambiar el registro de representación, *La Gaceta de la RSME*, 9(1), 143-168.
- Gangoso, Z., Truyol, M., Brincones, I. y Gattoni, A. (2008).** Resolución de problemas, comprensión, modelización y desempeño: un caso con estudiantes de ingeniería, *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 2(3), 233-240.
- García García, J. (2005a).** La comprensión de las representaciones gráficas cartesianas presentes en los libros de texto de ciencias experimentales, sus características y el uso que se hace de ellas en el aula. Tesis Doctoral, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Ciencias de la Educación, Granada.
- García García, J. (2005b).** El uso y el volumen de información en las representaciones gráficas cartesianas presentadas en los libros de texto de ciencias experimentales, *Enseñanza de las Ciencias*, 23(2), 181-200.
- García Torres, C. y Ruiz Chavarría, M. (2010).** La ley de Boyle, el análisis de dos experimentos, *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 4 Suppl. 1, 957-962.
- Giere, R. (1992).** La explicación de la ciencia: Un acercamiento cognoscitivo. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.
- Justi, R. (2006).** La enseñanza de Ciencias basada en la elaboración de modelos, *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.
- Ladera, C. y Pineda, P. (2009).** The physics of the spectacular flight of the *Triplaris* samaras, *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 3(3), 557-565.
- McKenzie, D. y Padilla, M. (1986).** The construction and validation of the graphing in science (togs), *Journal of Research in Science Teaching*, 23(7), 571-579 citado en García García, J. (2005a). Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias de la Educación, Granada.
- Méndez-Sánchez, A., Pérez-Trejo, L. y Paniagua Mercado, A. (2010).** Determinación de la viscosidad de fluidos newtonianos y no newtonianos (una revisión del viscosímetro de Couette), *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 4(1), 237-245.

Padilla, M., McKenzie, D. y Shawn, E. Jr. (1986). An examination of the line graphing ability of students in grades seven through twelve, *School Science and Mathematics* 86(1), 20-25 citado en García García, J. (2005a). Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias de la Educación, Granada.

Postigo, Y. y Pozo, J. (2000). Cuando una gráfica vale más que 1000 datos: la interpretación de gráficas por alumnos adolescentes, *Infancia y Aprendizaje*, 90, 89-110.

Rentería Rodríguez, E. (2009). Los trabajos prácticos fundamentados en el proceso de modelización y orientados a la resolución de problemas. Tesis de Magister en Educación. Universidad de Antioquía, Facultad de Educación, Medellín.

Ryder, J. y Leach, J. (2000). Interpreting experimental data: the views of upper secondary school and university science students, *International Journal of Science Education*, 22(10), 1069-1084.

Sassi, E., Monroy, G. y Testa, I. (2005). Teacher training about real-time approaches: Research-based guidelines and training materials. *Science Education*, 89(1), 28-37.

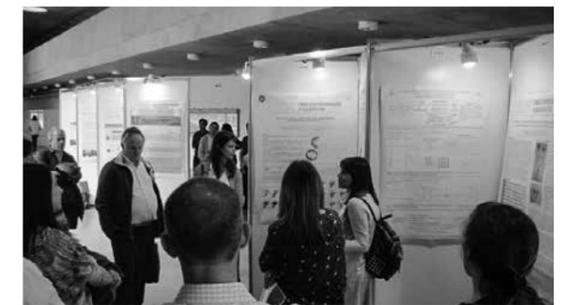
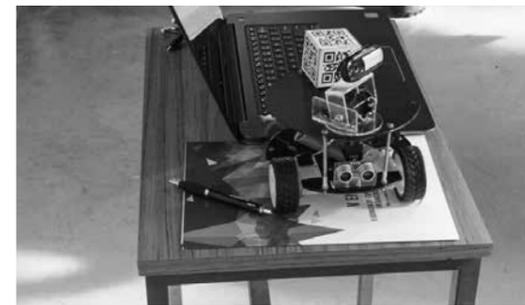
Testa, I., Monroy, G. y Sassi, E. (2002). Students' reading images in kinematics: the case of real-time graphs, *International Journal of Science Education*, 24(3), 235-256.

Yanitelli, M., Scancich, M. y Labanca, S. (2014). Interpretación de gráficas. Buscando elementos para explicar las dificultades de los estudiantes. *Memorias IV Jornadas de Ingreso y Permanencia en Carreras Científico- Tecnológicas*, 110-116.

Yanitelli, M., Scancich, M. y Pala, L. (2015). Análisis de propuestas didácticas que incorporan gráficas cartesianas, *Revista de Enseñanza de la Física*, 27 N° Extra, 17-25.

Yanitelli, M., Scancich, M. y Pala, L. (2017). Gráficas cartesianas de Física: un estudio de las habilidades cognitivas. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, en proceso de evaluación.

ALGUNOS MOMENTOS DURANTE LA JORNADA...



*“SOLO PUEDE INNOVAR AQUEL QUE ESTÁ DISPUESTO A ASUMIR
EL DESAFÍO DE LO QUE PARECE IMPOSIBLE”*

ISBN 978-987-3662-34-8



9 789873 662348



Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

Av. Pellegrini 250 (S2000BTP)
Rosario (Santa Fe) República Argentina
+54 341 480-2649 / 52
www.fceia.unr.edu.ar