DOCTORADO EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS MENCIÓN MATEMÁTICA

Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

Facultad de Ciencias Exactas

Departamento de Formación Docente

Núcleo de Investigación en Educación en Ciencia y Tecnología (NIECyT)

TESIS DOCTORAL

"Título"

Doctorando Tandil, Mes de Año





DOCTORADO EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS MENCIÓN MATEMÁTICA

TESIS DOCTORAL

"Título de la Tesis"

Tesis Doctoral realizada por la o él título máximo Nombre y Apellido para optar por el título de Doctor en Enseñanza de las Ciencias, Mención Matemática/Física, con la dirección del Dr. Nombre y apellido y la codirección de la Nombre y apellido

Tandil, Mes de Año.

DOCTORADO EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS MENCIÓN MATEMÁTICA

TESIS DOCTORAL

"Titulo"

(firma) Nombre y apellido del doctorando

(firma)
Director: Dr. Nombre y Apellido

(firma)
Codirector: Dra. Nombre y Apellido



Agradecimientos (opcional)

ÍNDICE (ESTOS TÍTULOS SON SOLO UN EJEMPLO)

Resumen	1-1
Abstract	1-3
Résumé	1-5
Capítulo 1: Introducción y Presentación del Pro	BLEMA 1-7
1.1. Introducción	1-7
1.2. Inicios del Cálculo Vectorial en la historia de la ciencia	1-8
1.3. Enseñanza del Cálculo Vectorial en carreras de Ingeniería	1-16
1.4. Objetivos generales	1-20
1.4.1. Objetivos Específicos	1-20
1.5. Preguntas de la investigación	1-20
Capítulo 2: Marco Ti	eórico 2-22
2.1. La Teoría Antropológica de lo Didáctico (TAD)	2-22
2.2. Los Recorridos de Estudio e Investigación (REI)	2-26
2.3. Los REI en la universidad	2-28
2.4. La Pregunta Generatriz (Q)	2-31
2.5. Topogénesis, cronogénesis y mesogénesis	2-33
2.6. LAS DIALÉCTICAS EN LA TAD	2-36
2.7. La Pedagogía de la Investigación y del Cuestionamiento del Mundo (PICM)	2-39
Capítulo 3: Metodología de la Investic	ación 3-41
3.1. METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	3-41
3.2. Recolección de los datos durante el REI	3-42
3.3. Características de la OD en la que se desarrollará el REI	3-43
3.4. Acuerdos que se establecen el aula para el desarrollo del REI	3-45
3.5. DECISIONES RELATIVAS AL ANÁLISIS DEL REI	3-47
Capítulo 4: Niveles de Codeterminación Did.	ACTICA 4-49
4.1. Análisis de los Niveles de Codeterminación Didáctica	4-49
4.2. Nivel humanidad \leftrightarrow civilización	4-49
4.3. NIVEL SOCIEDAD	4-52
4.4. NIVEL ESCUELA	4-54
4.5. Nivel pedagogía ↔ didáctica	4-58
4.6. NIVEL DISCIPLINA	4-60
Capítulo 5: La Pregunta Gene	ratriz 5-65
5.1. La Pregunta Generatriz y la Educación Ambiental	5-65
5.2. La construcción sustentable	5-71
5.3. Modelo Praxeológico de Referencia	5-74
Capítulo 6: Descripción de	L REI 6-78
6.1. DESCRIPCIÓN DEL REI IMPLEMENTADO	6-78
6.2. DESCRIPCIÓN DE LAS CLASES	6-80
6.2.1. Clase 1	6-80
6.2.2. Clase 2	6-85
6.2.3. Clase 3	6-101

6.2.4. Clase 4	6-105
6.2.5. Clase 5	6-115
6.2.6. Clase 6	6-125
6.2.7. Clase 7	6-130
6.2.8. Clase 8	6-132
6.2.9. Clase 9	6-137
6.3. Exposición Final de los Grupos	6-141
6.4. ACREDITACIÓN DE LA ASIGNATURA	6-145
6.5. Cuestionario a los estudiantes	6-146
Capítulo 7: Análisis de	l REI
7-156	
7.1. Análisis de la OM y OF encontradas	7-156
7.2. Análisis de las funciones didácticas: topogénesis, mesogénesis y cronogénesis	7-160
7.3. Análisis de las dialécticas	7-168
Capítulo 8: Conclusiones y Perspec	CTIVAS
8-181	
8.1. Conclusiones	8-181
8.1.1. Organizaciones Matemáticas y Organizaciones Físicas encontradas	8-181
8.1.2. Funciones didácticas: topogénesis, cronogénesis y mesogénesis	8-186
8.1.3. Dialécticas	8-187
8.2. Conclusiones relativas a las preguntas de investigación	8-189
8.2.1. ¿Qué dificultades y restricciones condicionan la introducción de la pedagogía	A DE LA
INVESTIGACIÓN Y DEL CUESTIONAMIENTO DEL MUNDO EN LA UNIVERSIDAD?	8-189
8.2.2. ¿Qué ventajas y desventajas tiene implementar una enseñanza por REI codiscipli	NAR EN LA
Universidad para la enseñanza del Cálculo Vectorial en carreras de Ingeniería?	8-192
8.2.3. ¿Qué OM se encuentran a partir de la implementación de un REI para la enseña	ANZA DEL
CÁLCULO VECTORIAL EN CARRERAS DE INGENIERÍA?	8-193
8.2.4. ¿Cómo funcionan la topogénesis, la cronogénesis y la mesogénesis durante	E LA
IMPLEMENTACIÓN DE UN REI EN LA UNIVERSIDAD?	8-195
8.2.5. ¿Cómo se desarrollan las diferentes dialécticas que son esenciales para la gest	IÓN DE UN
REI codisciplinar?	8-195
8.3. Perspectivas	8-196
Referencias Bibliográficas	8-198
Anexos	8-208
 8.1. Conclusiones 8.1.1. Organizaciones Matemáticas y Organizaciones Físicas encontradas 8.1.2. Funciones didácticas: topogénesis, cronogénesis y mesogénesis 8.1.3. Dialécticas 8.2. Conclusiones relativas a las preguntas de investigación 8.2.1. ¿Qué dificultades y restricciones condicionan la introducción de la pedagogínivestigación y del cuestionamiento del mundo en la Universidad? 8.2.2. ¿Qué ventajas y desventajas tiene implementar una enseñanza por REI codisciplic Universidad para la enseñanza del Cálculo Vectorial en carreras de Ingeniería? 8.2.3. ¿Qué OM se encuentran a partir de la implementación de un REI para la enseña Cálculo Vectorial en carreras de ingeniería? 8.2.4. ¿Cómo funcionan la topogénesis, la cronogénesis y la mesogénesis durante implementación de un REI en la Universidad? 8.2.5. ¿Cómo se desarrollan las diferentes dialécticas que son esenciales para la gest REI codisciplinar? 8.3. Perspectivas Referencias Bibliográficas 	8-181 8-186 8-187 8-189 A DE LA 8-189 NAR EN E 8-192 ANZA DEE 8-193 E LA 8-195 HÓN DE U 8-195 8-196 8-198

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Praxeología	2-25
FIGURA 2-2: FUNCIONES DIDÁCTICAS	2-35
FIGURA 2-3: VINCULACIÓN ENTRE LAS FUNCIONES DIDÁCTICAS	2-35
FIGURA 4-1: CAMPUS VIRTUAL DE LA FI UNLP	4-64
FIGURA 5-1 DIMENSIONES DE LA SUSTENTABILIDAD	5-71
FIGURA 5-2 OBJETIVOS DE LA CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE	5-71
FIGURA 5-3: MODELO PRAXEOLÓGICO DE REFERENCIA	5-77
FIGURA 6-1: IMÁGENES DE HANGARES TÍPICOS LLEVADAS POR LOS ALUMNOS A LA CLASE	6-82
FIGURA 6-2: PROTOCOLO DEL G1. DESCRIPCIÓN MATEMÁTICA DEL HANGAR TÍPICO	6-84
FIGURA 6-3: PROTOCOLO DEL G4 (TECHO DEL HANGAR, A= 80 METROS). DESCRIPCIÓN MATE	MÁTICA
DEL HANGAR TÍPICO	6-85
Figura 6-4: Hangar domo	6-86
FIGURA 6-5: PROTOCOLO DEL G1. CÁLCULO DEL VOLUMEN ENCERRADO POR EL HANGAR TÍPI	co.
6-87	
FIGURA 6-6: PROTOCOLO G6 Y G7. CÁLCULO DE LOS VOLÚMENES DE LOS HANGARES.	6-88
FIGURA 6-7: PROTOCOLO G3. CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL HANGAR DOMO MEDIANTE INTE	GRAL
TRIPLE Y COORDENADAS ESFÉRICAS.	6-89
Figura 6-8: Forma del edificio seleccionado por el G9	6-90
Figura 6-9: Protocolo del G4. Cálculo del área superficial del techo	6-92
FIGURA 6-10: PROTOCOLO G1. CÁLCULO DEL ÁREA SUPERFICIAL DEL HANGAR TÍPICO	6-94
Figura 6-11: Protocolos de G7. Cálculo de áreas de superficies relativas a los	
EDIFICIOS.	6-96
FIGURA 6-12: PROTOCOLO G6. CÁLCULO DEL ÁREA DE LA SUPERFICIE DEL HANGAR DOMO.	6-97
Figura 6-13: Protocolo G9. Área de la superficie del hangar semi elipsoide.	6-98
Figura 6-14: Representaciones gráficas que realizan los estudiantes. Identificac	
DESCRIPCIÓN DE FENÓMENOS NATURALES.	6-103
Figura 6-15: Protocolo G4. Identificación y descripción de variables físicas.	6-105
Figura 6-16: Ejemplos de flujos de flujos	6-107
FIGURA 6-17: FLUJO A TRAVÉS DE UNA SUPERFICIE	6-108
FIGURA 6-18: (A) PROTOCOLO DE ALUMNOS. FLUJO DE UN CAMPO CONSTANTE A TRAVÉS DI	
CARAS DE UN CUBO	6-111
FIGURA 6-19: (B) PROTOCOLO DE ALUMNOS. FLUJO DE UN CAMPO CONSTANTE A TRAVÉS DE	-
CARAS DE UN CUBO	6-112
Figura 6-20: Protocolo estudiantes. Flujo a través de la frontera de la caja	6-114
Figura 6-21: Protocolo G4. Flujo a través de la frontera de la caja. Caso 2.	6-114
FIGURA 6-22: PROTOCOLO G2. FLUJO. CAMPO VECTORIAL: LLUVIA.	6-117
FIGURA 6-23: PROTOCOLO G2. FLUJO DE LLUVIA. EJEMPLO DE CAMPO VECTORIAL, UTILIZAD	
SOFTWARE MATEMÁTICO.	6-118
Figura 6-24: Protocolo G4. Flujo de calor.	6-119
FIGURA 6-25: PROTOCOLO G7. FLUJO NETO HACIA EL EXTERIOR DE UN PARALELEPÍPED	
INFINITESIMAL.	6-124
FIGURA 6-26: PROTOCOLO ESTUDIANTE. FLUJO DE CALOR. MAGNITUDES FÍSICAS.	6-129
FIGURA 6-27: EJEMPLOS DE FLUJOS DE CIRCULACIÓN DE AIRE.	6-134
FIGURA 6-28: PROTOCOLO G7. DESCRIPCIÓN DE CURVAS EN EL INTERIOR DE LOS HANGARES.	6-135
FIGURA 6-29: PROTOCOLO G1. CIRCULACIÓN DE UN CAMPO VECTORIAL ALREDEDOR DE	
RECTÁNGULO INFINITESIMAL	6-139
NECTANGULU INFINITESHIAL	0-137

Figura 6-30: Región cualquiera limitada por	UNA CURVA C. CIRCULACIÓN ALREDEDOR DE C.
	6-140

FIGURA 6-31: RUEDA EXPLORADORA.	6-141
Figura 6-32: Respuestas a la pregunta A del cuestionario. Porcentaje de lo	S MEDIAS
UTILIZADOS POR LOS ALUMNOS.	6-148
FIGURA 6-33: RESPUESTAS A LA PREGUNTA B DEL CUESTIONARIO. PORCENTAJE DE INTE	RÉS DE LOS
ALUMNOS A LA PREGUNTA GENERATRIZ	6-148
FIGURA 7-1: RELACIÓN ENTRE LAS DIALÉCTICAS Y LAS FUNCIONES DIDÁCTICAS	7-168
FIGURA 7-2: A. PROTOCOLO DE ESTUDIANTES. DIALÉCTICA D1 P&R.	7-171
FIGURA 7-3: B. PROTOCOLO DE ESTUDIANTES. DIALÉCTICA D1 P&R.	7-171
FIGURA 7-4: D2 I&C (PÁGINA 81, ANEXO 2).	7-172
FIGURA 7-5: A. PROTOCOLO DE ESTUDIANTES. DIALÉCTICA D4 ET&ST.	7-173
FIGURA 7-6: B. PROTOCOLO DE ESTUDIANTES. DIALÉCTICA D4 ET&ST.	7-174
FIGURA 7-7: DIALÉCTICA D5 P&BT EN EL REI.	7-176
FIGURA 7-8: DIALÉCTICA D6 CN&CC	7-177
FIGURA 7-9: DIALÉCTICA D6 CN&CC	7-177
FIGURA 7-10: DIALÉCTICA D7 C&P	7-178
Figura 7-11: Dialéctica D9 D&R	7-180
Figura 8-1: Recorrido de Estudio e Investigación desarrollado	8-185

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Características de los estudiantes del curso	3-45
TABLA 3-2: TABLA PRAXEOLOGÍA CLASE I. OM Y OF ESTUDIADA.	3-48
TABLA 3-3: TABLA FUNCIONES DIDÁCTICAS. CLASE I	3-48
TABLA 4-1: ASIGNATURAS DEL ÁREA MATEMÁTICA Y FÍSICA DEL CB EN FI UNLP	4-58
TABLA 4-2: CONTENIDOS DEL PLAN DE ESTUDIOS DE LA ASIGNATURA MATEMÁTICA B.	4-61
TABLA 4-3: CRONOGRAMA DE CLASES PROPUESTOS EN LA INSTITUCIÓN EN LOS CURSO	S DE
Matemática B	4-62
Tabla 6-1: Cronograma MB - REI	6-79
TABLA 6-2: CANTIDAD DE GRUPOS Y DE ALUMNOS POR GRUPO FORMADOS PARA EL DESARRO	OLLO DEL
REI	6-79
TABLA 6-3: CLASIFICACIÓN DE LOS HANGARES POR LA DISTANCIA QUE SE DEJA PARA LA EN	TRADA DE
AVIONES.	6-82
TABLA 6-4: DESCRIPCIÓN MATEMÁTICA DE LOS EDIFICIOS SELECCIONADOS POR LOS GRU	POS DE
ESTUDIANTES	6-84
TABLA 6-5: PROTOCOLO G4. ENERGÍA QUE PROVEEN LOS PANELES SOLARES SEGÚN SEA EL	EDIFICIO.
6-99	
TABLA 6-6: SITUACIÓN: FLUJO DE TEMPERATURA. VALORES HALLADOS POR LOS ESTUDIANT	es. 6-128
Tabla 6-7: Operaciones vectoriales	6-130
Tabla 6-8: Operador nabla y operaciones con este operador	6-132
Tabla 6-9: Respuestas de algunos grupos a la pregunta generatriz.	6-145
Tabla 6-10: Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Cómo fue tu partic	CIPACIÓN Y
CUÁL TU APORTE MÁS SIGNIFICATIVO EN EL GRUPO EN EL QUE TRABAJASTE?	6-150
TABLA 6-11: RESPUESTAS DE LOS ESTUDIANTES A LA PREGUNTA ¿CUÁL CONSIDERAS QUE F	UE TU ROI
Y TU APORTE MÁS SIGNIFICATIVO EN LAS CLASES?	6-151
Tabla 6-12: Respuestas de los estudiantes a la pregunta Cuáles ventajas y desv	ENTAJAS
CONSIDERAS QUE RESULTARON DE ESTUDIAR EL CÁLCULO VECTORIAL A PARTIR DE F	BUSCAR
RESPUESTAS A LA PREGUNTA: ¿CÓMO CONSTRUIR EDIFICACIONES SUSTENTABLES?	6-153
Tabla 6-13: Respuestas de los estudiantes a la pregunta: ¿Cuál es tu reflexió	N FINAL
SOBRE LA EXPERIENCIA?	6-155
Tabla 7-1: OM y OF estudiadas durante el REI	7-158
TABLA 7-2: FUNCIONES DIDÁCTICAS QUE GESTIONARON EL DESARROLLO DEL REI	7-168
TABLA 7-3: DIALÉCTICAS IDENTIFICADAS EN EL DESARROLLO DEL REI	7-170

Resumen

Abstract

Résumé