

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE MATEMÁTICA**



“UN MODELO DE ENSEÑANZA DEL CURSO DE OPERADORES DIFERENCIALES LINEALES EN LA SOLUCIÓN DE ECUACIONES DIFERENCIALES PARCIALES PARA ESTUDIANTES DEL SEMESTRE 2012 - A DE LA FCNM – UNAC”

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR

**EL TÍTULO PROFESIONAL DE MATEMÁTICA**

PRESENTADO POR

LENIN ROLANDO CABRACANCHA MONTESINOS

Callao, 2023

PERÚ



## **INFORMACIÓN BÁSICA**

FACULTAD: CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN: UNIDAD DE LA FCNM

TITULO: UN MODELO DE ENSEÑANZA DEL CURSO DE OPERADORES  
DIFERENCIALES LINEALES EN LA SOLUCIÓN DE ECUACIONES

DIFERENCIALES PARCIALES PARA ESTUDIANTES DEL SEMESTRE 2012 - A  
DE LA FCNM – UNAC.

ASESOR: MG. MARISA QUISPE CARDENAS / 0000-0003-0036-6021

AUTOR: LENIN ROLANDO CABRACANCHA MONTESINOS / 0000-0002-8398-  
3828/ DNI 10690533

LUGAR DE EJECUCIÓN: FCNM – UNAC, BELLAVISTA – PERÚ.



ACTA N° 011-2023-JEITSP-FCNM-UNAC DE EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO EN FÍSICA O MATEMÁTICA

LIBRO N°01-2023 FOLIO N°19 ACTA N° 011-2023-JEITSP-FCNM-UNAC DE EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO EN FÍSICA O MATEMÁTICA.

A los 25 días del mes de enero del año 2023, siendo las 11:20 horas, se reunió en el auditorio de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática el JURADO DE EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL, según la **Resolución N°09-2023-D-FCNM**, para la obtención del título profesional de Licenciado en Física o Matemática de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

Dr. Whualkuer Enrique Lozano Bartra	Presidente
Mg. Roel Mario Vidal Guzmán	Secretario
Dr. Miguel Ángel De la Cruz Cruz	Vocal
Dr. Pablo Godofredo Arellano Ubilluz	Suplente

Se dio inicio a las 11:20 horas, al acto de exposición del informe de trabajo de suficiencia profesional del Bachiller **Lenin Rolando Cabracancha Montesinos**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Licenciado en Matemática, sustenta el informe titulado: "UN MODELO DE ENSEÑANZA DEL CURSO DE OPERADORES DIFERENCIALES LINEALES EN LA SOLUCIÓN DE ECUACIONES DIFERENCIALES PARCIALES PARA ESTUDIANTES DEL SEMESTRE 2012- A DE LA FCNM – UNAC", cumpliendo con la exposición en acto público, de manera presencial en el auditorio ubicado en el 2do piso de la FCNM, en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario".

Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por APROBADO con la escala de calificación cualitativa MUY BUENO y calificación cuantitativa DIECISIETE (17), conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021- CU del 30 de junio del 2021.

Se dio por cerrada la sesión a las 12:00 a.m del día miércoles 25 de enero del año en curso.

 Dr. Whualkuer Enrique Lozano Bartra Presidente		 Mg. Roel Mario Vidal Guzmán Secretario
 Dr. Miguel Ángel de la Cruz Cruz Vocal		 Dr. Pablo Godofredo Arellano Ubilluz Suplente
	 Mg. Elisa Marisa Quispe Cárdenas Asesor	

## **DEDICATORIA**

A mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres por apoyarme en cada tramo de mi vida y en especial en la culminación de este estudio.

A mi asesora, Mg. Marisa Quispe Cárdenas, actual docente de la Universidad Nacional del Callao, por haberme asesorado y guiado durante todo el proceso de mi informe de trabajo de suficiencia profesional.

A la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática que en sus aulas conocí el apasionante y fascinante mundo de la Ciencias.

A la Universidad Nacional del Callao por darme la oportunidad de cursar estudios superiores y de pertenecer a tan prestigiosa casa de estudios superior.

Lenin Rolando CabracanCHA Montesinos

## INDICE

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
INDICE DE TABLAS .....	ix
INDICE DE FIGURAS .....	x
INDICE DE ABREVIATURAS .....	xi
INTRODUCCIÓN .....	xii
I. ASPECTOS GENERALES .....	10
1.1. Objetivos .....	10
1.1.1. Objetivo general .....	10
1.1.2. Objetivos específicos .....	10
1.2. Organización de la empresa o institución .....	10
1.2.1. Datos generales de la institución .....	10
1.2.2. Reseña histórica de la institución .....	11
1.2.3. Actividades principales de la institución .....	13
1.2.4. Misión, Visión y Valores de la institución .....	13
1.2.5. Organigrama de la institución .....	14
1.2.6. Modelo educativo .....	16
II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL .....	18
2.1. Marco teórico .....	18
2.1.1. Bases teóricas .....	19
2.1.2. Antecedentes .....	23
2.1.3. Marco conceptual .....	24
2.1.4. Marco legal .....	31
2.2. Descripción de las actividades desarrolladas .....	31
2.2.1. Diagrama de Ishikawa .....	31
2.2.2. Descripción de las actividades en base a su puesto de trabajo .....	32
III. APORTES REALIZADOS .....	35
3.1. Aportes realizados a la institución .....	35

3.1.1 Descripción del proceso .....	35
3.1.2 Técnicas e instrumentos de recolección de la información .....	35
3.1.3 Esquemas metodológicos de las actividades.....	38
3.1.4 Resultados de las actividades realizadas .....	40
Cronograma de las actividades profesionales.....	46
IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	47
4.1. Discusión .....	47
4.2. Conclusiones .....	47
V. RECOMENDACIONES .....	49
VI. BIBLIOGRAFIA .....	50
ANEXOS.....	52
Anexo 1: Declaración Jurada	
Anexo 2: Carta de consentimiento de información	
Anexo 3: Evidencias del dictado del curso	
Anexo 4: Evidencia de los modelos matemáticos en EDP	
Anexo 5: Practicas dirigidas aplicadas	



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Recolección de la información .....	37
Tabla 2 Instrumentos de evaluación .....	37
Tabla 3 Cantidad de aprobados y desaprobados .....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la Institución UNAC .....	11
Figura 2 Organigrama de la Institución UNAC.....	15
Figura 3 Organigrama de la FCNM .....	15
Figura 4 Modelo educativo de la UNAC.....	17
Figura 5 Diagrama de Ishikawa .....	32
Figura 6 Carga académica lectiva 2012-B.....	33
Figura 7 Carga académica y administrativa 2012-B .....	34
Figura 8 Librería digital Library Genesis .....	36
Figura 9 Libros de especialidad en Library Genesis .....	36
Figura 10 Esquema metodológico de las actividades .....	38
Figura 11 Elaboración de modelos matemáticos .....	38
Figura 12 Elaboración de Practicas Dirigidas .....	39
Figura 13 Esquema metodológico de la solución de un Modelo de EDP .....	40
Figura 14 Modelo matemático de EDP .....	41
Figura 15 Imagen de Practica dirigida .....	42
Figura 16 Resultados de las practicas dirigidas en la unidad 1.....	43
Figura 17 Resultados de las practicas dirigidas en la unidad 2.....	43
Figura 18 Resultados de las practicas dirigidas en la unidad 3.....	44
Figura 19 Resultados de las practicas dirigidas en la unidad 4.....	44
Figura 20 Resolución Decanal de Elaboración de separata.....	45
Figura 21 Cronograma de los practicas dirigidas.....	46

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

EDP	Ecuaciones diferenciales parciales.
FCNM	Facultad de Ciencias Naturales y Matemática.
UNAC	Universidad Nacional del Callao.
UNATEC	Universidad Nacional Técnica del Callao.

## INTRODUCCIÓN

La Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad Nacional del Callao desde su inicio, ha estado comprometida en dar respuestas a las necesidades locales, de la región y del país, y ha sido consciente de su responsabilidad en la formación de un recurso humano que se comporte como un ciudadano integral fundamentado en el principio de la libertad de pensamiento, con alto sentido de responsabilidad en la búsqueda permanente de la excelencia académica e investigativa. Actualmente no se tiene referencias de métodos ni material de enseñanza en el área de Matemática pura especializada en el análisis funcional y en particular en el curso de Teoría de Operadores Diferenciales Lineales que es una asignatura de especialización, compleja y amplia, cuyos fundamentos teóricos previos para su buena comprensión abarcan los conocimientos del álgebra lineal, análisis real, análisis complejo, análisis funcional y topología. En este informe de experiencia profesional se describe y comparte un modelo de enseñanza del curso de Operadores Diferenciales Lineales a partir de mostrar modelos de ecuaciones diferenciales parciales a los estudiantes del semestre 2012 - A de la FCNM-UNAC permitió proveer de las herramientas necesarias de conocimientos para que posteriormente realicen trabajos de investigación en el área de teoría de operadores.

El presente informe consta de cuatro partes. Parte I Aspectos generales desarrollamos los objetivos generales para explicar un modelo de enseñanza en el curso de operadores diferenciales lineales en la solución de ecuaciones diferenciales parciales para los estudiantes del semestre 2012-A. de la FCNM-UNAC., la Parte II Fundamentación de la experiencia profesional presentamos los resultados teóricos principales en relación a la Teoría de Operadores Diferenciales Lineales que usamos como sustento teórico del siguiente informe abordando los espacios de distribuciones, los espacios de Sobolev, los espacios de distribuciones vectoriales, y algunos teoremas fundamentales del análisis funcional. Utilizamos como referencia también a Combe, R. (2005) En su tesis de maestría titulada Familias de existencia y unicidad y operadores diferenciales realizó un estudio sobre las familias de existencia y unicidad de operadores lineales acotados como una herramienta para manejar el problema abstracto de Cauchy, así como algunas aplicaciones con operadores diferenciales relacionados con familias de existencia.

La Parte III Aportes realizados, presentamos la experiencia profesional realizada en torno al dictado del curso Teoría de Operadores Diferenciales Lineales presentando los modelos de EDP que se utilizaron para motivar el aprendizaje de los estudiantes, así como las practicas dirigidas usadas (guías de ejercicios y problemas secuenciales del curso) desarrolladas por los estudiantes, pero con guía del docente. Que posteriormente nos permitiría desarrollar las soluciones de los modelos de las EDPs teniendo ya las herramientas necesarias (teoremas, Lemas y corolarios del curso) La parte IV se describe la discusión y conclusiones de este informe de experiencia laboral.

## I. ASPECTOS GENERALES

### 1.1. Objetivos

#### 1.1.1. Objetivo general

Explicar un modelo de enseñanza en el curso de operadores diferenciales lineales en la solución de ecuaciones diferenciales parciales para los estudiantes del semestre 2012-A. de la FCNM-UNAC.

#### 1.1.2. Objetivos específicos

Elaborar modelos matemáticos usando las ecuaciones diferenciales parciales en el curso de operadores diferenciales lineales para los estudiantes del semestre 2012-A. de la FCNM-UNAC.

Elaborar prácticas dirigidas de las unidades 1, 2, 3 y 4 del curso de operadores diferenciales lineales para los estudiantes del semestre 2012-A. de la FCNM-UNAC.

Mostrar la solución de Ecuaciones diferenciales parciales de evolución aplicando operadores lineales para los estudiantes del semestre 2012-A. de la FCNM-UNAC.

### 1.2. Organización de la empresa o institución

#### 1.2.1. Datos generales de la institución

**Institución:** Universidad Nacional del Callao

**Facultad:** Facultad de Ciencias Naturales y Matemática

**Dirección:** Av. Juan Pablo II 306, Bellavista - Callao

**Teléfono:** (511) - 429-6608

En la figura 1 se puede visualizar la ubicación geográfica de la Universidad Nacional del Callao.

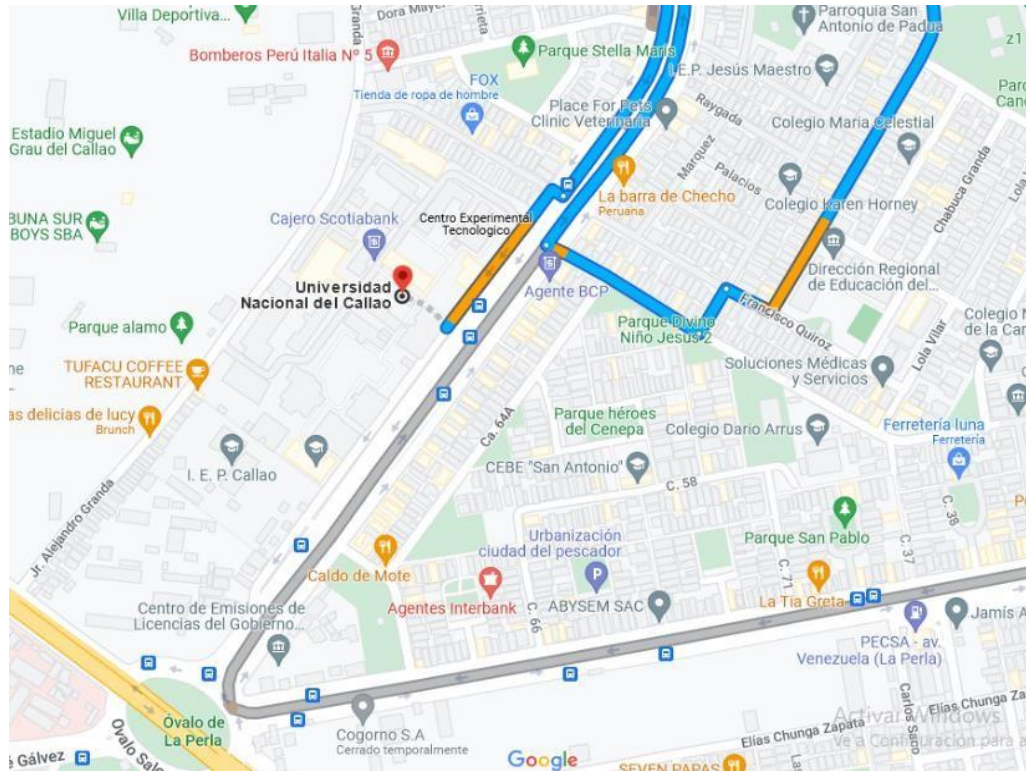


Figura 1. Ubicación de la Institución

Nota: Google Maps

### 1.2.2. Reseña histórica de la empresa y/o institución

Por Ley N° 16225, del 02 de setiembre de 1966, se creó la Universidad Nacional Técnica del Callao (UNATEC), siendo presidente de la República el Arq. Fernando Belaúnde Terry y Ministro de Educación el Dr. Carlos Cueto Fernandini.

Con la promulgación de esta Ley, se vió culminado y realizado el anhelo de la comunidad chalaca, naciendo de esta forma una universidad con carácter netamente técnico y de alto nivel.

LA UNATEC fue creada inicialmente con cuatro facultades (Recursos Hidrobiológicos y Pesquería, Química Industrial, Ingeniería Naval, Industrial, Mecánica y Eléctrica, y Ciencias Económicas y Administrativas). Posteriormente, por Resolución N° 3407-76-CONUP, del 11 de mayo de 1976, el Consejo Nacional de la Universidad Peruana autorizó el funcionamiento definitivo a seis programas académicos:

- Ingeniería Química

- Ingeniería Pesquera
- Ingeniería Mecánica
- Ingeniería Eléctrica
- Economía
- Contabilidad

Inicialmente, la Universidad estuvo gobernada por el Primer Patronato de la UNATEC, en virtud del Artículo 7 de la creación de esta Casa Superior de Estudios. Este Patronato fue constituido por seis miembros representantes de las distintas instituciones públicas y privadas, instalándose el 6 de setiembre de 1966, siendo su presidente el Dr. Remigio Pino Carpio en su calidad de presidente de la Corte Superior de Justicia del Callao.

Una vez que la Universidad logró consolidarse administrativa y académicamente, llegó el tan esperado cambio: de Universidad Nacional Técnica del Callao a Universidad Nacional del Callao, al promulgarse la Ley N° 23733, cuya vigencia entró a partir del 18 de diciembre de 1983.

Finalmente, es importante mencionar que la Universidad Nacional del Callao, acorde con las exigencias y necesidades académicas cuenta actualmente con once Facultades, dieciséis Escuelas Profesionales y una Escuela de Posgrado, y son las siguientes:

- Facultad de Ciencias Administrativas
- Facultad de Ciencias Contables
- Facultad de Ciencias Económicas
- Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
- Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas
- Facultad de Ingeniería Mecánica y Energía
- Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos
- Facultad de Ingeniería Química
- Facultad de Ciencias de la Salud
- Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas
- Facultad de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales
- Escuela de Posgrado



La Facultad de Ciencias Naturales y Matemática fue creada en asamblea estatutaria de 1984, con autorización de funcionamiento a partir del 04 de marzo de 1993, según resolución 07892-CU. La facultad presta servicios de cómputo a la comunidad en general a través de sus cursos de extensión. Adicionalmente brinda servicios educativos en el área a estudiantes y público en general.

### **1.2.3. Actividades principales de la empresa y/o institución**

- La formación integral de profesionales, científicos y humanistas, en las distintas disciplinas del conocimiento humano.
- La investigación, entendida como la búsqueda permanente de la verdad.
- La extensión y responsabilidad social, dirigida a la sociedad para la mejora de su calidad de vida.
- La educación continua, para actualizar y perfeccionar los conocimientos, actitudes y prácticas profesionales de sus egresados, con la finalidad de mejorar sus competencias y desempeño laboral, otorgando la certificación correspondiente.
- Contribuir al desarrollo humano, a fin de que las personas puedan lograr sus objetivos, afianzar sus valores y ampliar sus potencialidades.
- Establecer e implementar el modelo educativo UNAC con una visión regional, nacional e integrada al mundo.
- Las demás funciones que señale la Constitución Política del Perú, la Ley Universitaria, el Estatuto y demás normas legales y reglamentarias respectivas.

### **1.2.4. Misión, Visión y Valores de la institución**

#### **Visión de UNAC**

"Ser una universidad acreditada y con liderazgo a nivel nacional e internacional, con docentes altamente competitivos calificados y con infraestructura moderna, que se desarrolla en alianzas estratégicas con instituciones públicas y privadas".

### **Visión de FCNM**

Ser una facultad licenciada, acreditada y con liderazgo, fundamentalmente en las ciencias básicas, puras y abstractas (Ciencias Naturales y Matemática), en el ámbito regional, nacional e internacional; con docentes andragogos; calificados éticamente; altamente competitivos para la generación de nuevos conocimientos, así como en formulación y gestión de proyectos; con infraestructura moderna y desarrollándose en alianzas estratégicas con instituciones similares.

### **Misión de UNAC**

"Formar profesionales, generando y promoviendo la investigación científica, tecnológica y humanística, en los estudiantes universitarios con calidad, competitividad y responsabilidad social para el desarrollo sostenible del país".

### **Misión de FCNM**

Somos una facultad que forma profesionales físicos y matemáticos competentes científica, técnica y humanísticamente; que contribuye al desarrollo sustentable de la región Callao, del país y la humanidad; basados en la generación de conocimientos abstractos, teóricos y aplicados; realizando investigación científica creadora – factual y formal – desarrollando y produciendo tecnología en los campos de las ciencias naturales y de la matemática; en praxis de extensión y proyección universitaria

**Página web:** <https://www.unac.edu.pe>

#### **1.2.5 Organigrama de la institución**

En la figura 2 se puede visualizar el organigrama de la Universidad Nacional del Callao.

En la figura 3 se puede visualizar el organigrama de la facultad de Ciencias Naturales y Matemática.

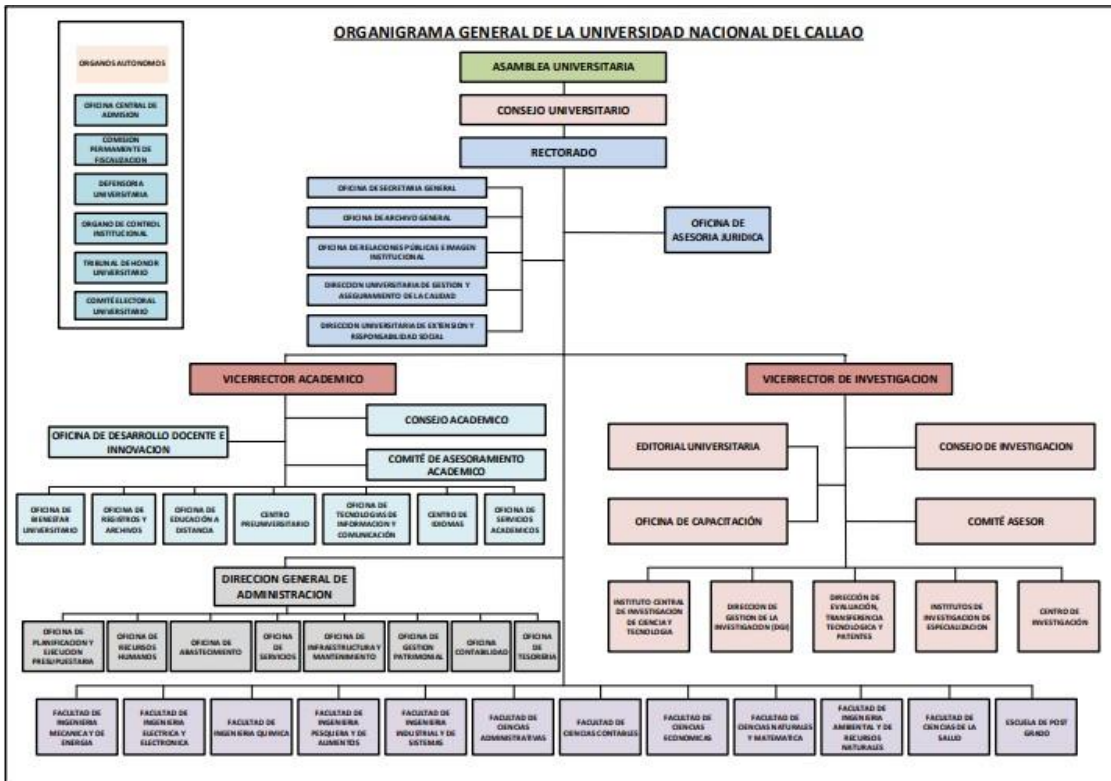


Figura 2. Organigrama de la Institución

Nota: Se obtuvo de (<https://www.unac.edu.pe/licenciamiento-institucional>)



Figura 3. Organigrama de la FCNM

Nota: Se obtuvo de (<https://www.unac.edu.pe/licenciamiento-institucional>)

### **1.2.6 Modelo educativo de la institución**

Sobre la base de los escenarios, tendencias y prospectiva descritos, y tomando en consideración el marco institucional de la UNAC, expresado en sus estatutos y plan de desarrollo institucional, pasamos a describir el Modelo Educativo de la UNAC, el mismo que nace y guarda coherencia con lo expresado en la parte 1 del presente documento.

El Modelo Educativo de la UNAC es una representación estructural de nuestra cultura organizacional que articula las principales actividades que se deben realizar para desarrollar un proceso educacional de excelencia elaborado para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento pedagógico.

El modelo implementa las teorías educativas adoptadas, desarrolla los componentes transversales del proceso de enseñanza – aprendizaje, orienta las competencias genéricas y específicas, articula el diseño curricular, promueve la evaluación curricular, todo dentro de un proceso dinámico de retroalimentación de sus partes.

El Modelo Educativo tiene como propósito fundamental la formación holística de los estudiantes

En la figura 4 se puede visualizar el El Modelo Educativo de la Universidad Nacional del Callao.

## MODELO EDUCATIVO

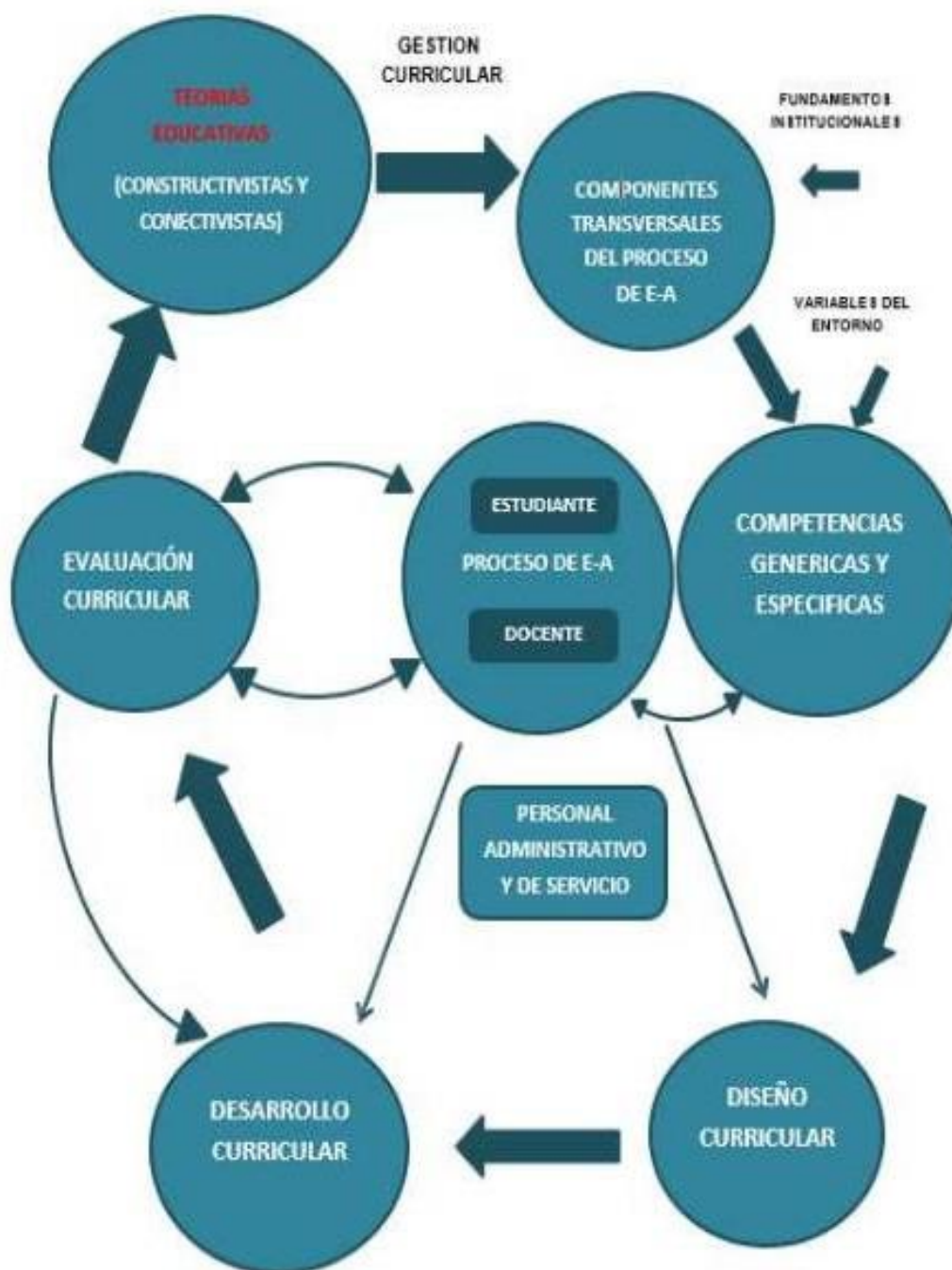


Figura 4. Modelo educativo de la UNAC

Nota: Se obtuvo de (<https://www.unac.edu.pe/licenciamiento-institucional>)

## II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

### 2.1. Marco teórico

#### 2.1.1. Bases teóricas

Trenoguine V. (1985) **Espacios con Producto interno**

Sea  $V$  un espacio con producto interno y sea  $T: V \rightarrow V$  un operador lineal. Un operador  $T^*: V \rightarrow V$  se dice que es adjunto de  $T$  si

$$(T(\bar{u})|\bar{v}) = (\bar{u}|T^*(\bar{v})), \quad \forall \bar{u}, \bar{v} \in V$$

Trenoguine V. (1985) Teorema

Si  $V$  es un espacio vectorial de dimensión finita y con producto interno, entonces para cada operador lineal  $T: V \rightarrow V$  existe un único adjunto  $T^*$ , que también es lineal.

Trenoguine V. (1985) **Teorema**

Sea  $V$  un espacio vectorial de dimensión finita con producto interno y sea  $B$  una base ortonormal de  $V$ . Si  $T: V \rightarrow V$  es un operador lineal, entonces

$$M_B^B(T^*) = \left[ M_B^B(T) \right]^*$$

Trenoguine V. (1985) **Teorema**

Sea  $V$  un espacio vectorial sobre  $K$ , con producto interno. Si  $S$  y  $T$  son operadores lineales en  $V$  y  $\alpha$  es un escalar de  $K$ , entonces:

$$i) (T^*)^* = T$$

$$ii) (\alpha T)^* = \bar{\alpha} T^*$$

$$iii) (S + T)^* = S^* + T^*$$

$$iv) (S \circ T)^* = T^* \circ S^*$$

Trenoguine V. (1985) **Definición**

Sea  $V$  un espacio con producto interno y sea  $T: V \rightarrow V$  un operador lineal. Se dice que  $T$  es normal si  $T \circ T^* = T^* \circ T$ .

Trenoguine V.(1985) **Teorema**

Sea  $V$  un espacio con producto interno y sea  $T: V \rightarrow V$  un operador normal:

- i)  $\|T(\bar{v})\| = \|T^*(\bar{v})\|, \quad \forall \bar{v} \in V$
- ii) Si  $T(\bar{v}) = \lambda\bar{v}$  entonces  $T^*(\bar{v}) = \lambda\bar{v}$ .
- iii) Si  $\bar{v}_1, \bar{v}_2$  son vectores característicos de  $T$  correspondientes a los valores  $\lambda_1, \lambda_2$  y  $\lambda_1 \neq \lambda_2$ , entonces  $(\bar{v}_1 | \bar{v}_2) = 0$ .

Trenoguine V. (1985) **Definición**

Sea  $V$  un espacio vectorial sobre  $\mathbb{C}$  (sobre  $\mathbb{R}$ ) con producto interno y sea  $T: V \rightarrow V$  un operador lineal, se dice que

- i)  $T$  es hermitiano (simétrico) si  $T^* = T$
- ii)  $T$  es antihermitiano (antisimétrico) si  $T^* = -T$
- iii)  $T$  es unitario (ortogonal) si  $T^* = T^{-1}$

Trenoguine V. (1985) **Teorema**

Sea  $V$  un espacio vectorial con producto interno y sea  $\lambda$  un valor característico del operador lineal  $T: V \rightarrow V$

- i) si  $T^* = T$  entonces  $\lambda$  es real
- ii) si  $T^* = -T$  entonces  $\lambda$  es imaginario
- iii) si  $T^* = T^{-1}$  entonces  $|\lambda| = 1$

Trenoguine V. (1985) **Teorema**

Sean  $V$  un espacio con producto interno,  $B$  una base ortonormal de  $V$ ,  $T: V \rightarrow V$  un operador lineal y  $A$  la representación matricial de  $T$  referida a la base  $B$ :

- i)  $T^* = T$  si y sólo si  $A^* = A$
- ii)  $T^* = -T$  si y sólo si  $A^* = -A$
- iii)  $T^* = T^{-1}$  si y sólo si  $A^* = A^{-1}$

Trenoguine V.(1985) **Teorema**

Sea  $V$  un espacio vectorial sobre  $\mathbb{R}$ , de dimensión finita y con producto interno, y sea  $T: V \rightarrow V$  un operador lineal. Si  $T$  es simétrico entonces tiene al menos un valor característico.

Trenoguine V.(1985) **Teorema**

Sea  $V$  un espacio vectorial sobre  $\mathbb{C}$  (sobre  $\mathbb{R}$ ), de dimensión finita y con producto interno, y sea  $T: V \rightarrow V$  un operador lineal.

Existe una base ortonormal de  $V$  formada por vectores característicos de  $T$  si y sólo si  $T$  es normal (simétrico).

Trenoguine V. (1985) **Teorema**

Sea  $V$  un espacio vectorial de dimensión  $n$  y sea  $T: V \rightarrow V$  un operador lineal. Existe una matriz diagonal asociada a  $T$ , referida a una base, si y sólo si  $V$  es la suma directa de los espacios característicos de  $T$ .

Trenoguine V. (1985) **Teorema (Espectral)**

Sea  $V$  un espacio vectorial sobre  $\mathbb{C}$  (sobre  $\mathbb{R}$ ), de dimensión finita y con producto interno, y sea  $T: V \rightarrow V$  un operador normal (simétrico).

Si  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$  son los diferentes valores característicos de  $T$ ,  $E(\lambda_i)$  es el espacio característico correspondiente a  $\lambda_i$  y  $P_i$  es la proyección ortogonal sobre  $E(\lambda_i)$ , entonces:

$$i) T = \lambda_1 P_1 + \lambda_2 P_2 + \dots + \lambda_k P_k$$

$$ii) P_1 + P_2 + \dots + P_k = I$$

$$iii) P_i \circ P_j = 0, \text{ para } i \neq j$$

Torres C. (2021) **Espacios  $L^p(\Omega)$**

Sea  $\Omega$  un subconjunto abierto de  $\mathbb{R}^n$ ,  $p \in \mathbb{R}$  con  $1 \leq p < \infty$ , se define

$$L^p(\Omega) = \{f: \Omega \rightarrow \mathbb{R} \text{ medible; } \int_{\Omega} |f(x)|^p dx < \infty\}$$

Provista de una norma

$$\|f\|_{L^p(\Omega)} = \left( \int_{\Omega} |f(x)|^p dx \right)^{\frac{1}{p}}$$

Se define para  $p = \infty$

$$L^\infty(\Omega) = \{f: \Omega \rightarrow \mathbb{R} \text{ medible y } \exists C > 0; |f(x)| \leq C, \text{ c. t. p. en } \Omega\}$$

Provista de la norma

$$\|f\|_{L^\infty(\Omega)} = \inf_{x \in \Omega} \{C > 0; |f(x)| \leq C, \text{ c. t. p. en } \Omega\}$$

**Observación:** Sea  $1 \leq p \leq \infty$ , se designa por  $q$  el exponente conjugado de  $p$ , esto es

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1.$$

Torres C. (2021) **Teorema (Desigualdad de Holder)** Sean  $u \in L^p(\Omega)$  y  $v \in L^q(\Omega)$  con  $1 \leq p \leq \infty$ . Entonces



$$u, v \in L^1(\Omega) \text{ y } \int_{\Omega} |u(x)v(x)| dx \leq \|u\|_{L^p} \|v\|_{L^q}$$

Torres C. (2021) **Teorema.** El espacio  $L^p(\Omega)$  es un espacio de Banach para todo  $1 \leq p \leq \infty$ .

Torres C. (2021) **Espacio de Funciones de Prueba**

El espacio vectorial  $C_0^\infty(\Omega)$ , dotado de la convergencia es llamado el espacio de Funciones de Prueba, el cual es denotado  $D(\Omega)$ .

$$D(\Omega) = \{\varphi: \Omega \rightarrow \mathbb{R}; \varphi \in C^\infty(\Omega) \text{ y } \text{sop}(\varphi) \text{ es compacto } \subseteq \Omega\}$$

Torres C. (2021) **Espacios de Distribuciones**

Una distribución  $T: D(\Omega) \rightarrow \mathbb{R}$  es una aplicación lineal y continua (en el sentido de la convergencia  $D(\Omega)$ ), donde  $\Omega$  es un abierto de  $\mathbb{R}^n$ , esto es:

$$i) T(\alpha\varphi + \beta\psi) = \alpha T(\varphi) + \beta T(\psi)$$

$$ii) (\varphi_n)_{n \geq 1} \subseteq D(\Omega), \varphi \in D(\Omega); \varphi_n \rightarrow \varphi \text{ entonces } T(\varphi_n) \rightarrow T(\varphi) \\ (T \text{ es continua})$$

El espacio de las distribuciones es denotado  $D'(\Omega)$

$$D'(\Omega) = \{T: D(\Omega) \rightarrow \mathbb{R}; T \text{ es lineal y continua}\}$$

**Notación:** Si  $T \in D'(\Omega)$ , denotamos  $T(\varphi) = \langle T, \varphi \rangle; \varphi \in D(\Omega)$ .

Torres C. (2021) **Espacios de Sobolev**

Sean  $m, p \in \mathbb{N}$ , definimos el espacio

$$W^{m,p}(\Omega) = \{u \in L^p(\Omega); D^\alpha u \in L^p(\Omega), \forall |\alpha| \leq m\}$$

( $D^\alpha u$  en el sentido distribucional)

Para  $p = 2$ , se denota  $W^{m,2}(\Omega) = H^m(\Omega)$ , es decir

$$H^m(\Omega) = \{u \in L^2(\Omega); D^\alpha u \in L^2(\Omega), \forall |\alpha| \leq m\}$$

La aplicación

$$((\cdot, \cdot)): H^m(\Omega) \times H^m(\Omega) \rightarrow \mathbb{R} \\ (u, v) \mapsto ((u, v)) = \sum_{|\alpha| \leq m} \int_{\Omega} D^\alpha u D^\alpha v dx$$

Es un producto interno en  $H^m(\Omega)$ , que induce una norma.

Torres C. (2021) **Definiciones de convergencia**

Sea  $V$  un espacio de Banach y  $V'$  su espacio dual.

1. Una sucesión  $(u_n)_{n \geq 1} \subseteq V$ , se dice que converge fuertemente en  $V$ , si existe  $u \in V$  tal que

$$\|u_n - u\|_V \rightarrow 0, \text{ si } n \rightarrow \infty$$

2. Una sucesión  $(u_n)_{n \geq 1} \subseteq V$ , se dice que converge débilmente en  $V$ , si existe  $u \in V$  tal que

$$\langle v, u_n \rangle_{V' \times V} \rightarrow \langle v, u \rangle_{V' \times V}; v \in V'$$

En este caso se denotaremos

$$u_n \rightharpoonup u.$$

3. Una sucesión  $(u_n)_{n \geq 1} \subseteq V'$ , se dice que converge débil estrella en  $V'$ , si existe  $u \in V'$  tal que

$$\langle u_n, w \rangle_{V' \times V} \rightarrow \langle u, w \rangle_{V' \times V}; w \in V$$

En este caso se denotaremos

$$u_n \rightharpoonup^* u.$$

Zeidler E, (1990) **Espacio de las distribuciones vectoriales**

Sea  $X$  un espacio de Hilbert. Denotamos por  $\mathcal{D}(0, T; X)$  al espacio

localmente convexo de las funciones vectoriales  $\varphi: ]0; T[ \rightarrow X$

indefinidamente diferenciables con soporte compacto en  $]0; T[$ . Diremos

que  $\varphi_\gamma \rightarrow \varphi$  en  $\mathcal{D}(0, T; X)$  si:

I.  $\exists K$  compacto de  $]0; T[$  tal que  $\text{sop}(\varphi_\gamma)$  y  $\text{sop}(\varphi)$  están contenidos en  $K, \forall \gamma$ ;

II. Para cada  $t$  en  $]0; T[$  uniformemente en  $t \in ]0; T[$ .

El espacio de aplicaciones lineales continuas de  $\mathcal{D}(0, T) = \mathcal{D}(0, T; \mathbb{R})$  en  $X$

será denotado por  $\mathcal{D}'(0, T; X)$ , es decir  $S \in \mathcal{D}'(0, T; X)$  si  $S: \mathcal{D}(0, T) \rightarrow X$  es lineal y si  $\theta_\mu \rightarrow \theta$  en  $\mathcal{D}(0, T)$  entonces  $\langle S, \theta_\mu \rangle \rightarrow \langle S, \theta \rangle$  en  $X$ .

Diremos que  $S_\gamma \rightarrow S$  en  $\mathcal{D}'(0, T; X)$  si  $\langle S_\gamma, \theta \rangle \rightarrow \langle S, \theta \rangle$  en  $X, \forall \theta \in \mathcal{D}(0, T)$

El espacio  $\mathcal{D}'(0, T; X)$  dotado de la convergencia dada arriba es

denominado el espacio de las distribuciones vectoriales de  $]0; T[$  con valores en  $X$ .

Denotamos por  $L^p(0, T; X)$  el espacio de Banach de las (clases) de

funciones vectoriales  $u: ]0; T[ \rightarrow X$  fuertemente medible en  $]0; T[$ ,

$]0; T[$  dotado de la medida de Lebesgue, tal que

$$\int_0^T \|u(t)\|_X^p dt < \infty$$

Entonces  $L^2(0, T; X)$  es un espacio de Hilbert dotado del producto interno.

$$(u, v) = \int_0^T (u(t), v(t))_X dt$$

Denotaremos por  $H_0^1(0, T; X)$  al espacio de Hilbert

$$H_0^1(0, T; X) = \{v \in L^2(0, T; X) ; v' \in L^2(0, T; X), v(0) = v(T) = 0\}$$

dotado del producto interno

$$((v, w)) = \int_0^T (v(t), w(t))_X dt + \int_0^T (v'(t), w'(t))_X dt$$

Identificando  $L^2(0, T; X)$  con su dual  $(L^2(0, T; X))'$ , vía el teorema de Riesz, obtenemos entonces

$$\mathcal{D}(0, T; X) \hookrightarrow H_0^1(0, T; X) \hookrightarrow L^2(0, T; X) \hookrightarrow H^{-1}(0, T; X) \hookrightarrow \mathcal{D}'(0, T; X)$$

donde

$$H^{-1}(0, T; X) = (H_0^1(0, T; X))'$$

### 2.1.2. Antecedentes

Combe, R. (2005) En su tesis de maestría titulada Familias de existencia y unicidad y operadores diferenciales realizo un estudio sobre las familias de existencia y unicidad de operadores lineales acotados como una herramienta para manejar el problema abstracto de Cauchy, así como algunas aplicaciones con operadores diferenciales relacionados con familias de existencia.

Garrancho, P. (2004) En su tesis doctoral titulada Saturación local de operadores lineales conservativos. Analiza el proceso cuando se pretende aproximarse a la derivada k-ésima de una función de clase k mediante sucesión de las derivadas k-ésimas de operadores lineales con propiedades conservativas es decir estudia dicho proceso cuando éste presenta velocidad óptima en cierto sentido. Para resolver el problema introduce una nueva herramienta como es la convexidad respecto de una ecuación diferencial ordinaria de cualquier orden y de una sucesión de signos.

Jiménez, J. (1999) en su tesis doctoral Operadores diferenciales y desarrollos asintóticos en espacios analíticos aborda el problema de las ecuaciones diferenciales con coeficientes funciones definidas sobre

espacios analíticos estudia cómo se trasladan a través de explosiones complejas y caracteriza la convergencia de las series de  $n$  variables a partir de la convergencia de las series de una variable y de este modo se puede hablar de series convergentes en espacios analíticos.

Senosiaín, M. (2007) En su tesis doctoral Bases y Operadores diferenciales en espacios de sucesiones estudia las bases dadas por los polinomios de Appell en el espacio  $1(A)$ , establece una relación entre el Cálculo Umbral y la teoría de la aproximación de funciones en términos de sucesiones polinómicas. Posteriormente estudia la equivalencia entre dos operadores  $T_1$  y  $T_2$ , es decir busca la existencia de un isomorfismo  $S$ .

Trucios, C. (2015) En su informe de experiencia profesional de Licenciatura titulada Métodos de enseñanza en la geometría para los alumnos de tercer año de secundaria en el colegio nazareno. En su informe de experiencia profesional se da a conocer los principales métodos de enseñanza a utilizar en el desarrollo del curso de Geometría, estos métodos para la enseñanza son secuencias integradas de procedimientos y recursos utilizados por el docente con el propósito de desarrollar en los estudiantes capacidades para la adquisición, interpretación y procesamiento de la información de tal forma que se consigan aprendizajes significativos.

Al resolver problemas se aprende a matematizar, lo que es uno de los objetivos básicos para la formación de los estudiantes. Con ello aumentan su confianza, tornándose más perseverantes y creativos y mejorando su espíritu investigador, proporcionándoles un contexto en el que los conceptos pueden ser aprendidos y las capacidades desarrolladas. Por todo esto, la resolución de problemas es básica en todo curso de matemática.

### **2.1.3. Marco conceptual**

#### **El modelo constructivista**

El constructivismo lo define Carretero (2003) como un paradigma sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje, representa un marco

explicativo que parte de la consideración social y socializadora de la educación escolar, esta explicación muestra su potencialidad en la medida en que es utilizada como instrumento para el análisis de las situaciones educativas y como herramienta útil para la toma de decisiones inteligentes que están unidas a la planificación, operación y evaluación de la enseñanza. Es un modelo educativo que articula las nociones de aprendizaje, cultura, y desarrollo; explica como todo ocurre en la escuela, además asume un carácter institucional de organización al servicio de unos fines, dotada de estructura e integrada por un conjunto de personas cuya actividad permite su adecuado funcionamiento.

El constructivismo es un discurso sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje que trata de acuerdo con Carretero (2003):

- Responder las preguntas que abierta o encubiertamente se plantea todo docente ¿Qué significa aprender? ¿Qué ocurre cuando un alumno aprende o no aprende? ¿Cómo se le puede ayudar?
- Parte de una consideración acerca de la naturaleza social y socializadora de la enseñanza, lo cual conduce a caracterizar sus contenidos en relación con la cultura, integrando con la construcción personal del alumno en un contexto socializador de carácter educativo.
- Incluye el concepto de diversidad, esto es que no podemos permitir la estandarización y la uniformidad en el proceso de Enseñanza-Aprendizaje.

### **El enfoque constructivista del aprendizaje**

En el enfoque constructivista del aprendizaje deben considerarse los siguientes principios psicopedagógicos:

- La construcción por parte del alumno de significados culturales, por lo tanto, juega un papel activo en el proceso de aprendizaje.

- El alumno es el principal protagonista y responsable de su aprendizaje.

### **El aprendizaje es un proceso activo de elaboración de significados**

Es siempre subjetivo y personal; es decir, el estudiante necesita elaborar sus propias representaciones a través de símbolos, esquemas, metáforas, imágenes, gráficas y modelos generados por él mismo.

El aprendizaje debe generarse a partir de lo que el estudiante ya sabe (conocimientos previos, nivel de desarrollo del alumno).

Posibilitar que los alumnos realicen aprendizajes significativos por sí solos, es decir, que sean capaces de aprender a aprender.

Debe estar contextualizado, los estudiantes deben aprender a resolver problemas y llevar a cabo tareas que estén relacionadas con su cultura y el momento que les toca vivir.

El aprendizaje es social, la interacción con otras personas permite desarrollar un mejor aprendizaje, siempre y cuando se realice de manera cooperativa. Tiene un componente afectivo, donde influyen factores como: el autoconocimiento y la opinión de sí mismo sobre las habilidades propias; la claridad y la solidez de las metas de aprendizaje; las expectativas personales; la disposición mental en general y motivación para aprender. El material debe ser potencialmente significativo, tanto lógica como psicológicamente.

La función del profesor es de guía, orientador y mediador entre el alumno y la cultura. El docente es el responsable de conocer las mejores propuestas didácticas para favorecer la enseñanza y el aprendizaje.

Aprender significativamente supone modificar los esquemas de conocimiento que el alumno posee. Hace falta asegurar la construcción de aprendizajes significativos, tanto de contenidos conceptuales o de tipo procedimental, como de contenidos relativos a valores, normas y actitudes.

El docente deberá considerar que: "Cuanto más complejas sean las relaciones entre los nuevos conocimientos y la estructura conceptual del alumno, mayor será el nivel de significatividad del aprendizaje y mayor será su funcionalidad al establecerse conexiones con una variedad de nuevas situaciones y contenidos" (Carretero, 2003: 23)

Una vez más se insiste en los procesos cognitivos del aprendizaje y la mejor forma de procesar y organizar la información, aspectos importantes en las teorías de los Estilos de Aprendizaje.

El aprendizaje significativo supone una intensa actividad por parte del alumno. Esta actividad consiste en establecer relaciones ricas entre el nuevo contenido y los esquemas de conocimiento ya existentes.

### **Aprendizaje significativo**

La definición de aprendizaje, que por su propia naturaleza está ligada al constructivismo es el concepto de aprendizaje significativo, derivado de la propuesta de Ausubel (1983:18).:

Se define como aquel que el individuo, partiendo de lo que conoce (preconcepto) y gracias a la mediación (interacción) reorganiza sus conocimientos (esquemas cognitivos) con nuevas dimensiones y estructuras (subordinación, supraordinación, etc.) que es capaz de transferir a otras realidades (funcionalidad cognitiva) describiendo los procesos y principios explicativos que afectan a tales realidades (significatividad lógica) y mejorando su capacidad de organización comprensiva (aprender a aprender) en relación a otras experiencias de aprendizaje (significatividad psicológica), los sucesos evolutivos se

convierten en las tareas de aprendizaje significativo más importantes en el desarrollo adulto.

Las Características del Aprendizaje Significativo con base en la información tomada del sitio de Aulaneo (2016) son:

- El involucrar la significatividad de la comprensión, produce una retención más duradera de la información.
- Nuevos conocimientos se articulan con los anteriormente adquiridos de forma significativa, ya que al estar claros en la estructura cognitiva se facilita la retención del nuevo contenido. La nueva información al ser relacionada con la anterior se vuelve significativa.
- Es activo y es personal, ya que la significación de aprendizaje depende los recursos cognitivos del estudiante.

### **Importancia de los conocimientos previos**

El aprendizaje se produce cuando un conocimiento nuevo se integra en los esquemas de conocimiento previos llegando incluso a modificarlos. Para que esto suceda, quien aprende tiene que ser capaz de establecer relaciones significativas entre el conocimiento nuevo y el que ya posee (López y Leal, 2002).

### **Guía didáctica**

El proceso cognitivo en la guía didáctica implica una adecuación del contenido de los materiales, la realización de las actividades incluyendo sus instrucciones en la guía y una evaluación que le permita al alumno contrastar el desarrollo de sus competencias. Por esta razón, el logro del aprendizaje y la obtención de nuevos conocimientos encierran una estandarización que ayuda al alumnado a integrarse en el proceso de enseñanza-aprendizaje, además de una continua evaluación del desempeño docente, de los materiales y la atención tutorial. De hecho, como lo precisa Nérici (2010), el proceso de estandarización que para este autor es el proceso de andamiaje es



el concepto que aproxima la zona de desarrollo cognitivo a la obtención de conocimientos en los alumnos, que abarca las capacidades y habilidades por parte del alumno y un adecuado diseño de actividades y temas a estudiar. Por ello, para la institución, como es prioritario el logro de las metas que incrementan y mantienen la matrícula, dichas estructuras de andamiaje vienen a ser las guías didácticas que contribuyen a la formación de nuevos conocimientos y la aplicación de éstos.

La producción del trabajo y las actividades por parte del alumno son indispensables en el éxito de una carrera de ingeniería. Por ello, las actividades en cada guía contienen una evaluación, de acuerdo con el material y el tiempo requerido para realizar cada tarea, así como una continua promoción del aprendizaje autogestivo, razones de peso para mantener el crecimiento matricular, así como su permanencia en los programas vigentes

### **La evaluación y su carácter regulador del aprendizaje**

Un camino para abordar la evaluación educativa es convertir la tarea de evaluar en una actividad cualitativa y formativa que permita devolver la mirada hacia sus protagonistas y hacia los procesos y acciones para el desarrollo de competencias y potencialidades que han de tener lugar en las aulas, para tomar conciencia sobre el curso de los procesos, valorarlos y proporcionar ayuda a los estudiantes en el momento requerido. Para que la evaluación adopte la connotación de ser una actividad formativa, es preciso que, dentro de su carácter pedagógico, adopte un carácter regulador de la enseñanza y del aprendizaje ( Solé, 1993; Ribas, 2001).

Dentro de la concepción constructivista del aprendizaje escolar (Coll, 1991) el carácter regulador de la evaluación (Solé, 2001) tiene una doble connotación. Por un lado, el profesor debe tomar los resultados obtenidos de la evaluación para regular la enseñanza, reorientándola en función de la necesidades que van surgiendo tanto en los alumnos como en el proceso pedagógico, convirtiendo así a la evaluación en instrumento que orienta la enseñanza hacia procesos dirigidos al desarrollo de la actividad mental del alumno y hacia acciones que

enseñen al alumno a aprender de forma autónoma, en situaciones diversas, que le permitan aprender superando los retos que plantea la apropiación de nuevos conocimientos. Por el otro, posibilita al alumno regular su aprendizaje al permitirle tomar la información que le ofrece la evaluación para tomar conciencia de lo que ha aprendido, de cómo lo ha logrado y de las dificultades que confronta; para valorar su desempeño y para tomar decisiones sobre cómo planificar su actuación, reflexionar sobre las acciones que debe emprender para la superación de sus limitaciones y lograr así avanzar en su proceso de aprendizaje. Cuando de la evaluación surge toda esta información para los estudiantes, percibida desde las orientaciones y criterios propuestos por los profesores, o bien desde los elaborados por los propios estudiantes, la evaluación se convierte verdaderamente en un instrumento útil para la autorregulación y el aprendizaje autónomo, objetivos que la educación actual debe proponerse alcanzar.

El análisis funcional. Es la rama de la matemática y específicamente del análisis que trata del estudio de funciones. En la visión moderna inicial, se consideró el análisis funcional como el estudio de los espacios vectoriales normados completos sobre los reales o los complejos. Tales espacios se llaman espacios de Banach.

El espacio de Banach. Es el conjunto de las funciones continuas en un compacto y el conjunto fundamental de las potencias enteras del argumento. Un ejemplo de los espacios de Banach es el Espacio de Sobolev.

El espacio de Hilbert. Se define como un espacio de producto interno que es completo con respecto a la norma vectorial definida por el producto interno. Los espacios de Hilbert y sus propiedades se estudian dentro del análisis funcional.

Los espacios de Sobolev. El espacio de Sobolev es un espacio vectorial normado de funciones que pueden verse como un sub espacio de un espacio  $L^p$ . Es decir, es un sub espacio vectorial del espacio  $L^p$  formado por clases de funciones tales que sus derivadas hasta orden  $m$  pertenecen al espacio  $L^p$ .

Ecuaciones diferenciales parciales (EDP) Es aquella ecuación diferencial cuyas incógnitas son funciones de diversas variables independientes, con la peculiaridad de que en dicha ecuación figuran no solo las propias funciones sino también sus derivadas.

#### Análisis Numérico

Es una rama de las matemáticas que, mediante el uso de algoritmos iterativos, se obtiene soluciones numéricas a problemas en los cuales la matemática simbólica (o analítica) resulta poco eficiente y en consecuencia no puede ofrecer una solución.

#### 2.1.4. Marco legal

<https://www.unac.edu.pe/base-legal-ocpf.html>

Estatuto de la Universidad del Callao

<https://unac.edu.pe/images/documentos/Estatuto-UNAC-2020.pdf>

Reglamento de estudios de pregrado

<https://www.unac.edu.pe/images/transparencia/documentos/resolucion>

[es-consejo-universitario/2017/185-](https://www.unac.edu.pe/images/transparencia/documentos/resolucion)

[2017%20CU%20Reglamento\\_General\\_Estudios.pdf](https://www.unac.edu.pe/images/transparencia/documentos/resolucion)

Modelo educativo resolución

Resolución N° 057-2021-CU del 08 de abril de 2021

Reglamento de grados y títulos aprobado con resolución N° 099-2021-

CU del 30.06.2021

## 2.2. Descripción de las actividades desarrolladas

### 2.2.1. Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa o espina de pescado es una técnica usada para identificar las posibles causas de un problema central, usado también para mejorar procesos y recursos en una organización. (ASAKA, 1992).

La metodología para crear un diagrama

1. Identificación del problema.
2. Establecer categorías.
3. Lluvia de ideas.
4. Ordenar y añadir causas

5. Para cada rama secundaria importante, identificar otros factores específicos que puedan ser las causas del efecto.
6. Identificar niveles cada vez más detallados de causas y continuar organizándolas bajo causas o categorías relacionadas.
7. Analizar diagrama.
8. Actuar sobre el diagrama y quitar las causas del problema.

En la figura 5, se representa las causas identificadas que generó la problemática en el presente informe

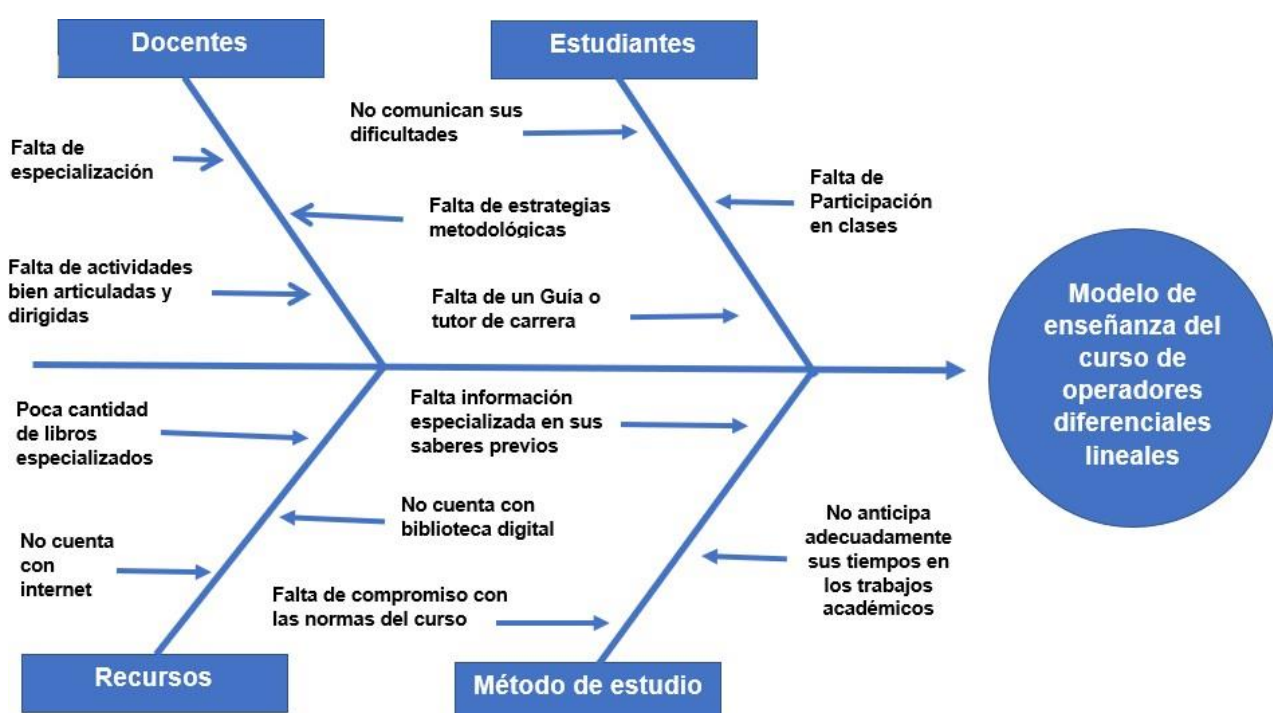


Figura 5. Diagrama de Ishikawa  
Nota. Elaboración Propia

### 2.2.2. Descripción de las actividades en base a su puesto de trabajo

Por la designación de la Jefatura del Departamento Académico de Matemática de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad Nacional del Callao mediante el Memorando N°096-2012-J-DAM-FCNM y el Memorando N°132-2012-J-DAM-FCNM se me asignó Carga Académica



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
Departamento Académico de Matemática**

**"AÑO DE LA INTEGRACIÓN Y EL RECONOCIMIENTO DE NUESTRA DIVERSIDAD"**

**MEMORANDO N° 096-2012-J-DAM-FCNM**

DE : Lic. Ezequiel Fajardo Campos  
Jefe del Departamento Académico de Matemática

PARA : Lic. Lenin Cabracancha Montesinos  
Docente del Departamento Académico de Matemática

ASUNTO : Carga Académica Lectiva – Semestre Académico 2012-B

FECHA : Bellavista, 01 de Agosto del 2012.

S.P.

Por el presente la Jefatura del Departamento Académico de Matemática entrega a usted la Carga Académica Lectiva correspondiente al Semestre Académico 2012-B, de conformidad con la Programación Académica y Horaria y Distribución de Carga Lectiva 2012-B aprobada mediante Resolución de Comisión de Gobierno N° 078-2012-CG-FCNM de fecha 20.07.12


**CARGA ACADÉMICA LECTIVA 2012-B**

ESCUELA PROFESIONAL DE MATEMÁTICA							
NA	COD	ASIGNATURA	GH	DIA	HORARIO	TH	AULA
1	MA-101	COMPLEMENTO DE MATEMÁTICA	02M	T: Martes P: Miércoles	08:00 – 11:00 12:00 – 13:00	4	K-503
37	MA-408	TEORÍA DE OPERADORES DIFERENCIALES LINEALES	01M	T: Martes P: Jueves	17:00 – 18:40 17:00 – 18:40	4	K-507
38	MA-507	OPERADORES EN ESPACIO DE HILBERT (e)	01M	T: Martes P: Jueves	19:30 – 21:10 19:30 – 21:10	4	K-401
ESCUELA DE FÍSICA							
2	MA-103	CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL	01F	P: Jueves	08:00 – 11:00	3	K-406
TOTAL DE HORAS LECTIVAS						15 Hrs	

A demás se le solicita la presentación inmediata de los sílabos de las asignaturas de su carga lectiva.

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE MATEMÁTICA

  
Lic. EZEQUEL FAJARDO CAMPOS  
Jefe de Departamento (e)

EFC/mj  
File Personal  
Archiv

*Figura 6. Carga académica lectiva 2012-B  
Nota. Elaboración Propia*



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
Departamento Académico de Matemática**

**"AÑO DE LA INTEGRACIÓN Y EL RECONOCIMIENTO DE NUESTRA  
DIVERSIDAD"**

**MEMORANDO N° 132-2012-J-DAM-FCNM**

DE : Lic. Ezequiel Fajardo Campos  
Jefe del Departamento Académico de Matemática

PARA : Bach. Lenin Cabracancho Montesinos  
Docente del Departamento Académico de Matemática

ASUNTO : Carga Académica y Administrativa – Semestre Académico 2012-B

FECHA : Bellavista, 27 de Agosto del 2012.

S.P.

Por el presente la Jefatura del Departamento Académico de Matemática entrega a usted la carga correspondiente al Semestre Académico 2012-B, aprobada mediante Resolución Decanal N° 065-2012-D-FCNM de fecha 08.08.12. Que en su numeral (2) dice que los docentes deben presentar informes sustentados de sus actividades realizadas contemplando el reglamento de control de actividades según horas designadas

**CARGA ACADÉMICA Y ADMINISTRATIVA 2012-B**

Categoría	Clase	Dedicación Horaria	
Jefe de Práctica	Tiempo Parcial	20 hrs.	
<b>A. ACTIVIDADES ACADÉMICAS</b>			<b>HORAS</b>
A.1 Labor lectiva			15
A.2 Preparación de clases y evaluación de cursos			02
A.3 Consejería, tutoría y atención de alumnos			03
<b>TOTAL DE HORAS ACADÉMICAS</b>			<b>20</b>
<b>TOTAL GENERAL DE HORAS</b>			<b>20</b>

1. Asimismo adjunto formato del Plan de trabajo individual 2012-B para su respectivo llenado hasta el día 3 de setiembre del presente hacerlo llegar al DAM.
2. Formato de control de asesoría tutorías para adjuntarlo en el informe final sustentado del presente semestre

Atentamente,

EFC/mg  
F42-Personal  
Archivo



**Figura 7. Carga académica y administrativa 2012-B**  
Nota. Elaboración Propia

### **III. APORTES REALIZADOS**

#### **3.1. Aportes del Bachiller en la empresa y/o institución**

Los aportes que realicé profesionalmente a la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad Nacional del Callao en mi calidad de docente en la categoría de Jefe de Practica son los siguientes:

##### **3.1.1 Descripción del proceso**

Durante el semestre académico para el curso de teoría de operadores diferenciales lineales en mi labor lectiva del curso dictaba 4 horas de 60 minutos según la designación dada por la Jefatura del Departamento Académico de Matemática en el horario establecido según el Memorando N°096-2012-J-DAM-FCNM, y en la parte no lectiva tenía a cargo la preparación de clases, la evaluación del curso, la actualización del silabus, consejería y tutoría a los estudiantes, en las aulas como en la oficina asignada para estas actividades de atención a los estudiantes de la escuela de matemática.

##### **3.1.2 Técnicas e instrumentos de recolección de la información**

Para conocer los conocimientos de los estudiantes sobre el área de especialización en teoría de operadores se utilizó como instrumento una entrevista con los estudiantes.

Para la recolección de información se utilizó la bibliografía digital como páginas web, ejemplo:

<https://sociologiac.net › 2017 › April › 19>



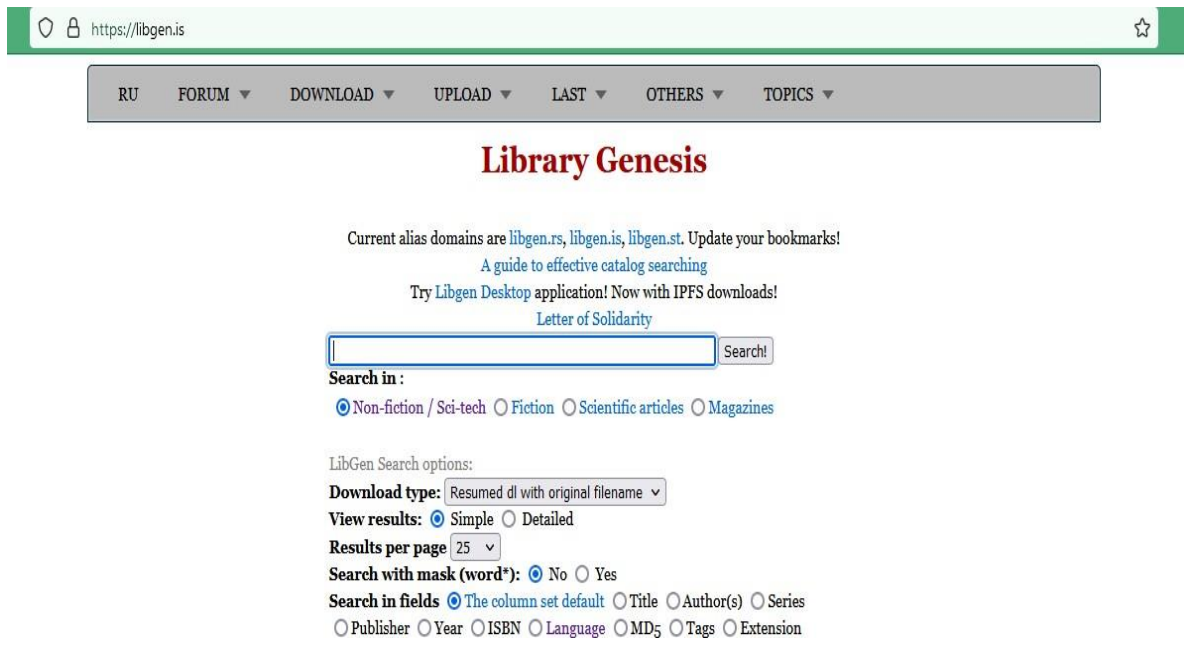


Figura 8. Librería digital Library Genesis

Nota. Extraído de (<https://sociologiac.net> › 2017 › April › 19)

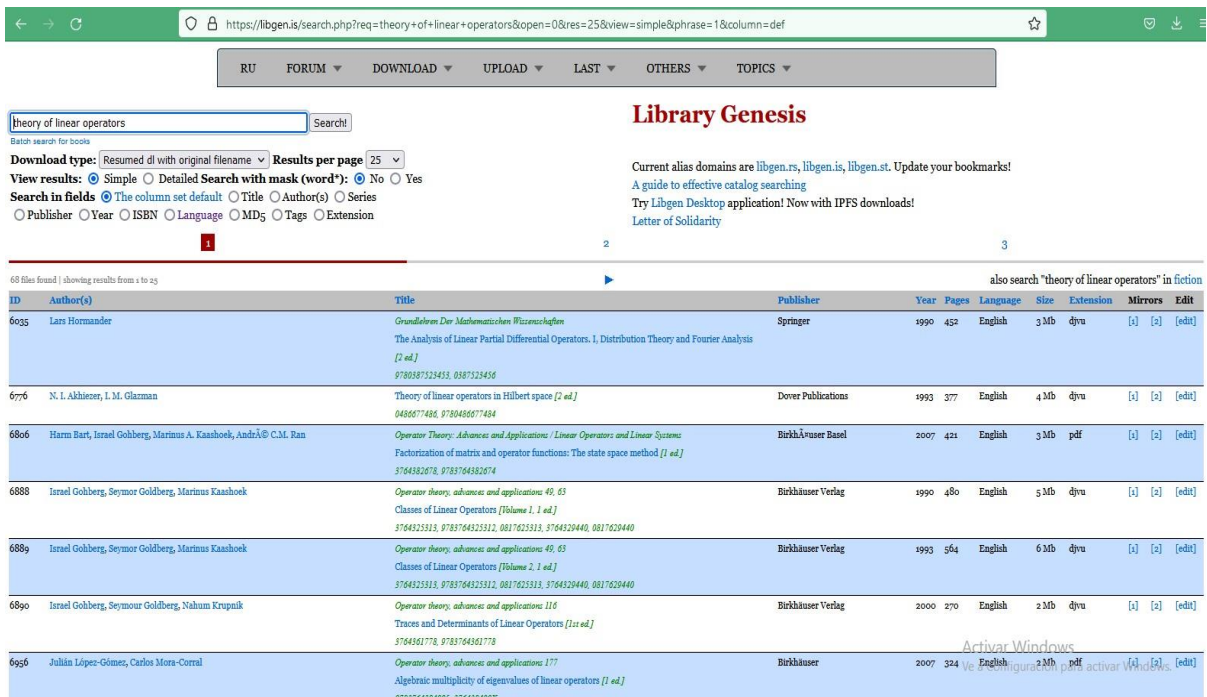


Figura 9. Libros de especialidad en Library Genesis

Nota. Extraído de (<https://sociologiac.net> › 2017 › April › 19)



*Tabla 1*  
Recolección de la información

<b>Técnica</b>	<b>Descripción</b>
Análisis documental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de libros</li> <li>• Revisión de artículos científicos de especialización</li> <li>• Revisión de páginas web sobre operadores diferenciales lineales</li> </ul>

Nota. La tabla 1 muestra la forma en se trabajó el análisis documental para el recojo de la información.

*Tabla 2.* Instrumentos de evaluación

<b>Instrumento</b>	<b>Descripción</b>
Entrevista	<p>A cada estudiante se le pregunto sobre lo que conoce sobre análisis funcional, teoría de operadores, ecuaciones diferenciales parciales, teoría de distribuciones y espacios de Sobolev. Se elaboraron prácticas dirigidas que los estudiantes tenían que resolver ejercicios y problemas por unidades distribuidas en el silabus completando su logro de aprendizaje en cada tema.</p> <p>Se tomaron practicas calificadas, un examen parcial y un examen final, de acuerdo a la calendarización por tema dada en el silabus.</p>
Practicas Dirigidas	
Silabus	

Nota. La tabla 2 muestra que instrumentos utilizamos para evaluar a los estudiantes del curso Teoría de operadores lineales durante el semestre 2012 A

### 3.1.3 Esquemas metodológicos de las actividades

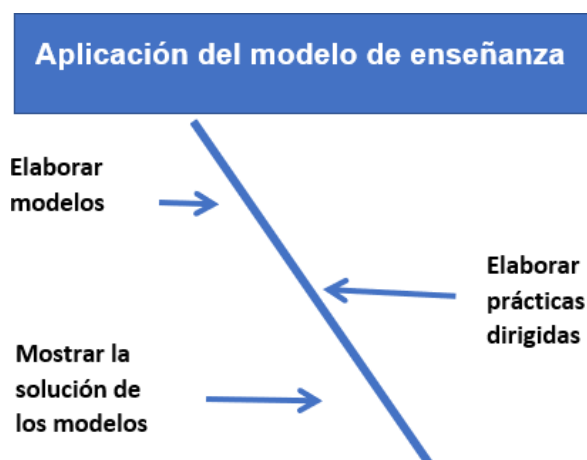


Figura 10. Esquema metodológico de las actividades

Nota. Elaboración Propia

- **La metodología para el objetivo específico; Elaborar modelos matemáticos usando las ecuaciones diferenciales parciales en el curso de operadores diferenciales lineales para los estudiantes del semestre 2012-A. de la FCNM-UNAC**

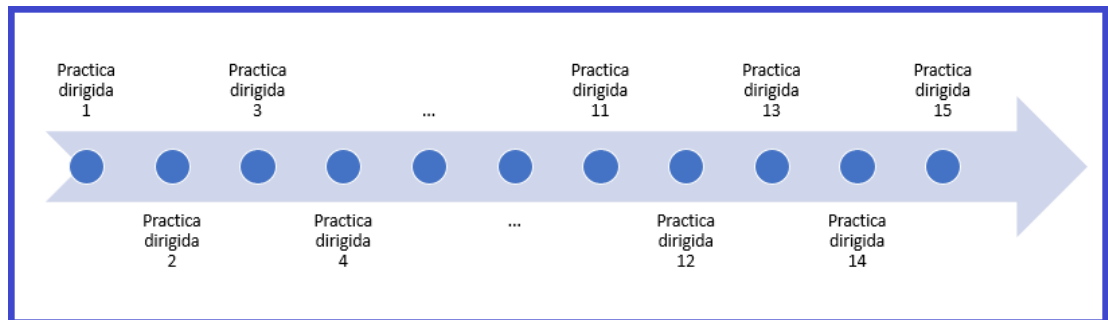
Consiste en elaborar modelos matemáticos (EDP) que motiven a los estudiantes el estudio de la teoría de los operadores diferenciales lineales



Figura 11. Elaboración de modelos matemáticos

Nota. Elaboración Propia

- **La metodología para el objetivo específico; Elaborar prácticas dirigidas de las unidades 1, 2, 3 y 4 del curso de operadores diferenciales lineales para los estudiantes del semestre 2012-A. de la FCNM-UNAC.**  
Se elaboran problemas y ejercicios que permitan progresivamente al estudiante ir asimilando los conocimientos necesarios del curso



*Figura 12.* Elaboración de Practicas Dirigidas

Nota. Elaboración Propia

- **La metodología para el objetivo específico; Mostrar la solución de Ecuaciones diferenciales parciales de evolución aplicando operadores lineales para los estudiantes del semestre 2012-A. de la FCNM-UNAC**  
En el proceso de solución de las EDP el cual tiene métodos sofisticados basados en el desarrollo de los diferentes temas tratados en el curso de operadores diferenciales.  
El proceso consiste en llevar el problema de EDP a un Operador diferencial a través un funcional lineal, el cual debe ser continuo, bilineal, coercivo y verificar el teorema de Minty-Brower que garantiza la existencia de una solución del problema, posterior mente demostramos la unicidad, con lo cual queda demostrada la solución abstracta del problema en consecuencia la solución del modelo matemático de EDP. Esquemática mente tendríamos:



Figura 13. Esquema metodológico de la solución de un Modelo de EDP  
 Nota. Elaboración Propia

### 3.1.4 Resultados de las actividades realizadas

#### a) Resultados Generales

Se desarrollo un modelo de enseñanza en el curso de operadores diferenciales lineales en la solución de ecuaciones diferenciales parciales para los estudiantes del semestre 2012-A. de la FCNM-UNAC cumpliendo con el propósito de mejorar sus conocimientos del curso esto se puede reflejar en la siguiente tabla

Tabla 3

Cantidad de aprobados y desaprobados del curso Teoría de Operadores Lineales


curso Teoría de Operadores Lineales	
N° Alumnos	6
N° Aprobados	6
N° desaprobados	0

Nota: En la tabla 3, se tiene la cantidad de aprobados y desaprobados del curso Teoría de Operadores Diferenciales Lineales, después de aplicar un modelo de enseñanza para los estudiantes del semestre 2012-A. de la FCNM-UNAC

**b) Resultados específicos**

- Como resultado del primer objetivo específico, elaborar modelos matemáticos usando las ecuaciones diferenciales parciales en el curso de operadores diferenciales lineales para los estudiantes del semestre 2012-A. de la FCNM-UNAC.

Se elaboro tres modelos matemáticos de ecuaciones diferenciales parciales que sirvieron de motivación para el estudio de la teoría de operadores diferenciales lineales por qué sirve para determinar la solución de dichos modelos. A continuación, describimos dichos modelos



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICA  
Escuela Profesional de Matemática

---

Curso Teoría de Operadores diferenciales Lineales

**PRIMER MODELO MATEMÁTICO DE UNA ECUACIÓN DIFERENCIAL PARCIAL DE EVOLUCIÓN DE TIPO PARABÓLICO**

Autor: Lenin R. Cabracancho Montesinos


La Ecuación de Calor Estándar, está dada por:

$$\frac{\partial}{\partial t} u(t, x) = \lambda^2 \frac{\partial^2}{\partial x^2} u(t, x)$$

Bajo las condiciones iniciales  $u(0, x) = h(x)$ , Donde  $\lambda^2$ , es una constante positiva llamada "Coeficiente de Difusión"  $u(t, x)$  es una función, que se asume nula para  $t < 0$ .

En el presente trabajo estudiaremos la ecuación abstracta del Calor

$$\begin{cases} u'' + Au = f & \text{en } H \\ u(x; 0) = u_0(x) & \text{en } V \end{cases}$$



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICA  
Escuela Profesional de Matemática

---

Curso Teoría de Operadores diferenciales Lineales

**SEGUNDO MODELO MATEMÁTICO DE UNA ECUACIÓN DIFERENCIAL PARCIAL DE EVOLUCIÓN DE TIPO HIPERBÓLICO**

Autor: Lenin R. Cabracancho Montesinos

La Ecuación de Onda, cuando consideramos las oscilaciones de una cuerda no aotada, toma la forma más sencilla

$$\frac{\partial^2}{\partial t^2} u(t, x) = \lambda^2 \frac{\partial^2}{\partial x^2} u(t, x)$$

Con condiciones iniciales  $u(0, x) = g(x); D_t u(0, x) = f(x)$  y  $u(t, 0) = 0$

Donde  $\lambda$  denota la velocidad de ondas y  $u(t, x)$  la desviación longitudinal de la cuerda del eje  $x$ , en un tiempo determinado  $t$ .

En el presente trabajo estudiaremos la ecuación abstracta de la Onda

$$\begin{cases} u'' + Au = f & \text{en } H \\ u(x; 0) = u_0(x) & \text{en } V \\ u'(x; 0) = u_1(x) & \text{en } H \end{cases}$$

Figura 14. Modelo matemático de EDP

Nota. Elaboración Propia

- Como resultado del segundo objetivo específico, elaborar prácticas dirigidas de las unidades 1, 2, 3 y 4 del curso de operadores diferenciales lineales para los estudiantes del semestre 2012-A. de la FCNM-UNAC. Se trabajaron las siguientes practicas dirigidas con la participación de los alumnos



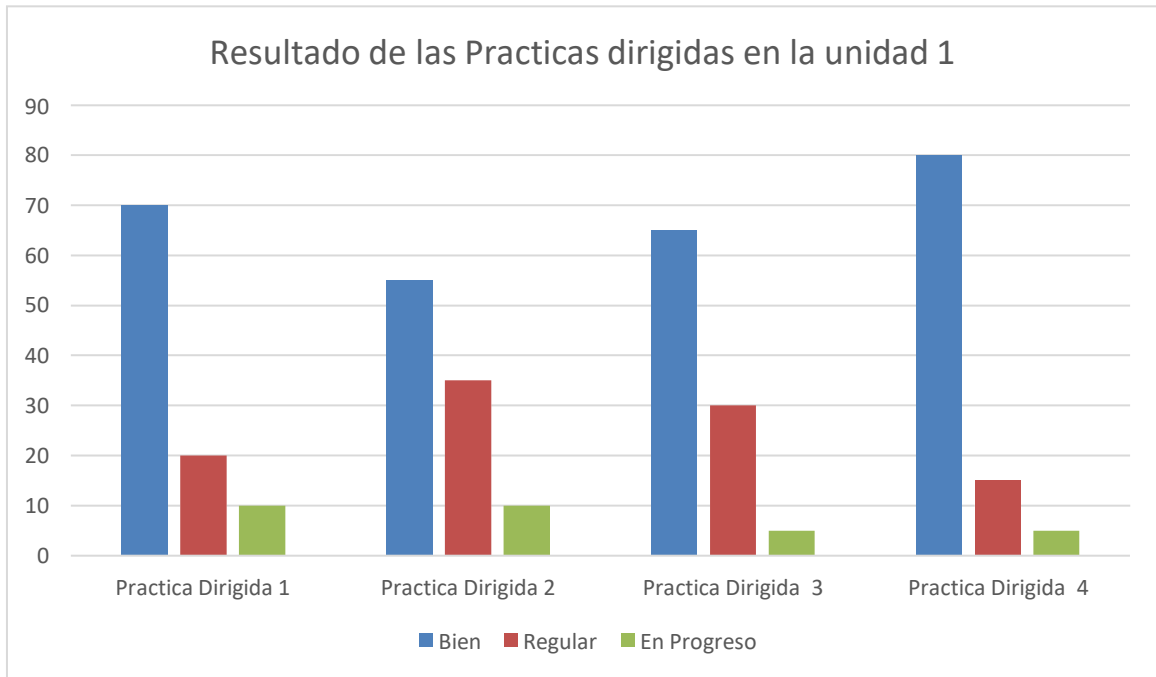
**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
 FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
 Escuela Profesional de Matemática

### Teoría de Operadores diferenciales Lineales

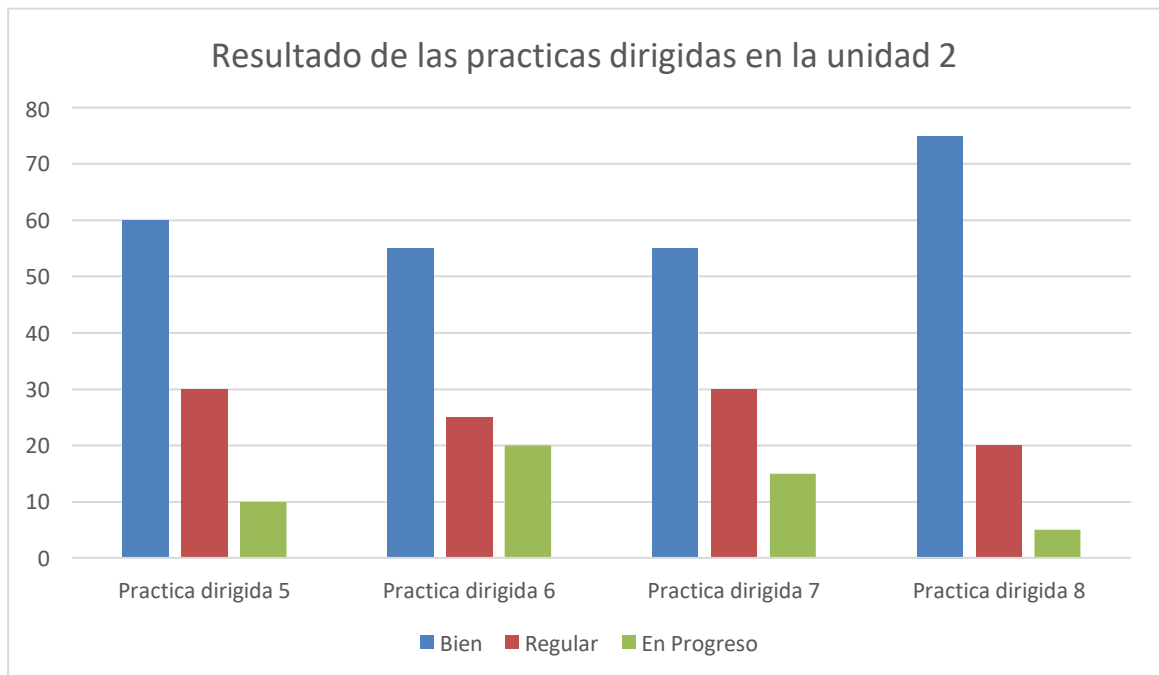
#### Practica dirigida 1

- Sean  $x_n, x, y_n, y \in X$  ( $n \in \mathbb{N}$ ) Demostrar que:
  - Si  $x_n \rightarrow x$  entonces  $x_n$  es una sucesión acotada
  - Si  $x_n \rightarrow x, \lambda_n \rightarrow \lambda, \lambda_n \in \mathbb{C}$  entonces  $\lambda_n x_n \rightarrow \lambda x$
  - Si  $x_n \rightarrow x$  entonces  $\|x_n\| \rightarrow \|x\|$
  - Si  $x_n \rightarrow x$  y  $\|x_n - y_n\| \rightarrow 0$ , entonces  $y_n \rightarrow x$
  - Si  $x_n \rightarrow x$  entonces  $\|x_n - y\| \rightarrow \|x - y\|$
  - Si  $x_n \rightarrow x, y_n \rightarrow y$  entonces  $\|x_n - y_n\| \rightarrow \|x - y\|$
- Mostrar que una bola abierta  $S_r(x_0)$  es un conjunto abierto, una bola cerrada  $\bar{S}_r(x_0)$  es un conjunto cerrado, y la clausura (adherencia)  $S_r(x_0)$  coincide con  $\bar{S}_r(x_0)$ .
- Mostrar que para cualesquiera elementos  $x, y \in X$  se cumple la desigualdad  $\|x\| \leq \max\{\|x+y\|, \|x-y\|\}$
- Mostrar que un conjunto  $A \subset X$  es acotado si, y solo si, para cualquier sucesión  $x_n \in A$  y cualquier sucesión  $\lambda_n \in \mathbb{C}$ , que tiende a cero, la sucesión  $x_n \lambda_n$  tiende a cero.
- Comprobar que en los casos siguientes se cumplen los axiomas de normas
  - El espacio  $E^m$  de las columnas  $x = (x_k)_{k=1}^m$  con norma  $\|x\| = [\sum_{k=1}^m |x_k|^2]^{1/2}$
  - El espacio  $c^m$  de las columnas  $x = (x_k)_{k=1}^m$  con norma  $\|x\| = \max_{1 \leq k \leq m} |x_k|$
  - El espacio  $l^m$  de las columnas  $x = (x_k)_{k=1}^m$  con norma
  - El espacio  $l_1$  de las sucesiones  $x = (x_1, x_2, \dots); x_k \in \mathbb{R}$  que satisfacen la condición  $\sum_{k=1}^{\infty} |x_k| < \infty$  con norma  $\|x\| = \sum_{k=1}^{\infty} |x_k|$ .
  - El espacio  $l_2$  de las sucesiones  $x = (x_1, x_2, \dots); x_k \in \mathbb{R}$  que satisfacen la condición  $\sum_{k=1}^{\infty} |x_k|^2 < \infty$  con norma  $\|x\| = [\sum_{k=1}^{\infty} |x_k|^2]^{1/2}$
  - El espacio  $l_p$  de las sucesiones  $x = (x_1, x_2, \dots); x_k \in \mathbb{R}$  que satisfacen la condición  $\sum_{k=1}^{\infty} |x_k|^p < \infty$  con norma  $\|x\| = [\sum_{k=1}^{\infty} |x_k|^p]^{1/p}$

Figura 15. Imagen de Practica dirigida  
 Nota. Elaboración Propia



*Figura 16.* Resultados de las practicas dirigidas en la unidad 1  
 Nota. Elaboración Propia



*Figura 17.* Resultados de las practicas dirigidas en la unidad 2  
 Nota. Elaboración Propia

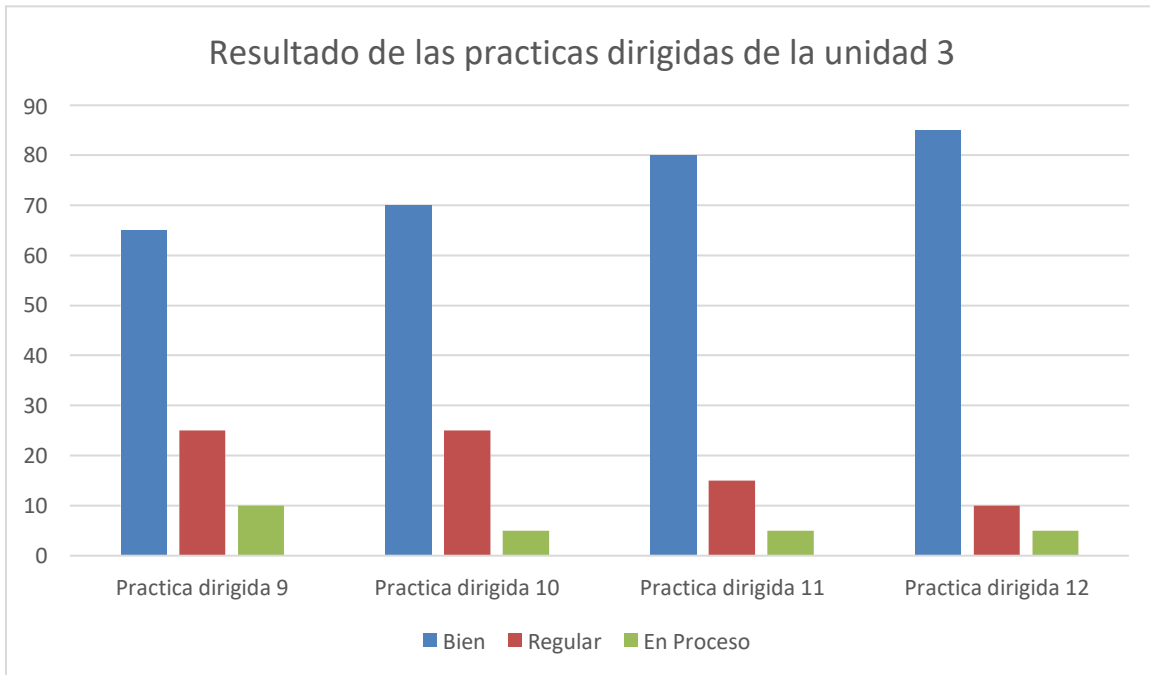


Figura 18. Resultados de las practicas dirigidas en la unidad 3  
Nota. Elaboración Propia

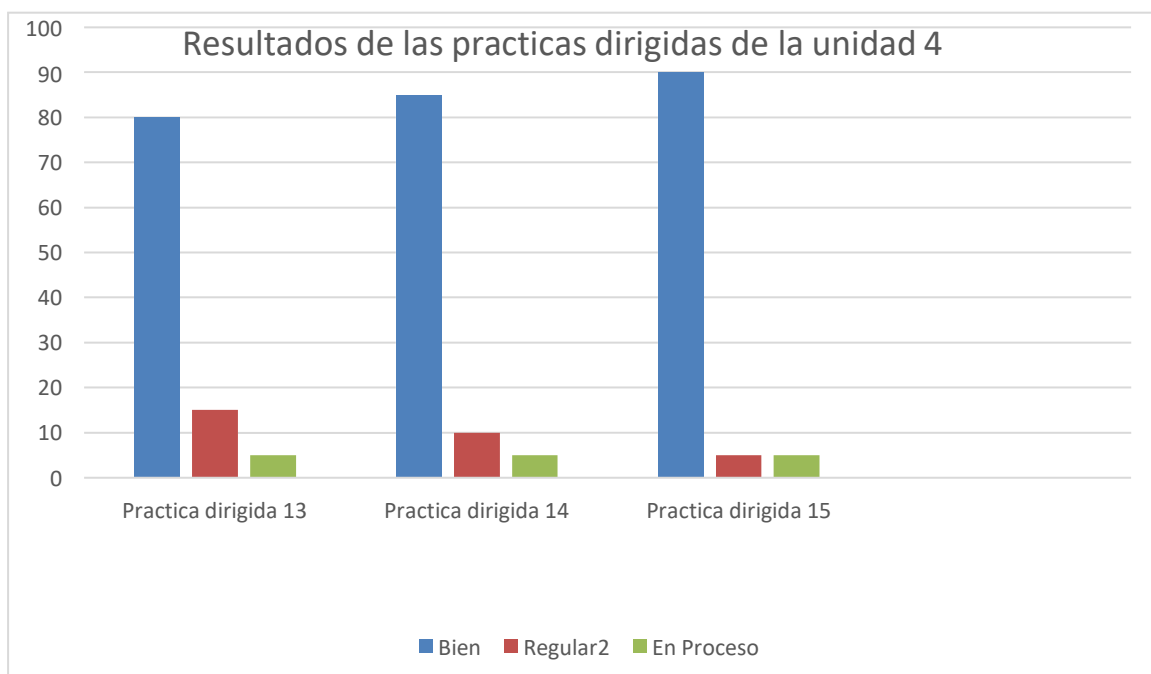


Figura 19. Resultados de las practicas dirigidas en la unidad 4  
Nota. Elaboración Propia



- Como resultado del tercer objetivo específico, mostrar la solución de Ecuaciones diferenciales parciales de evolución aplicando operadores lineales para los estudiantes del semestre 2012-A. de la FCNM-UNAC. Se realizó una monografía en una separata académica titulada: Soluciones débiles de Ecuaciones Diferenciales Parciales de Evolución con Operadores Diferenciales Lineales Abstractos.

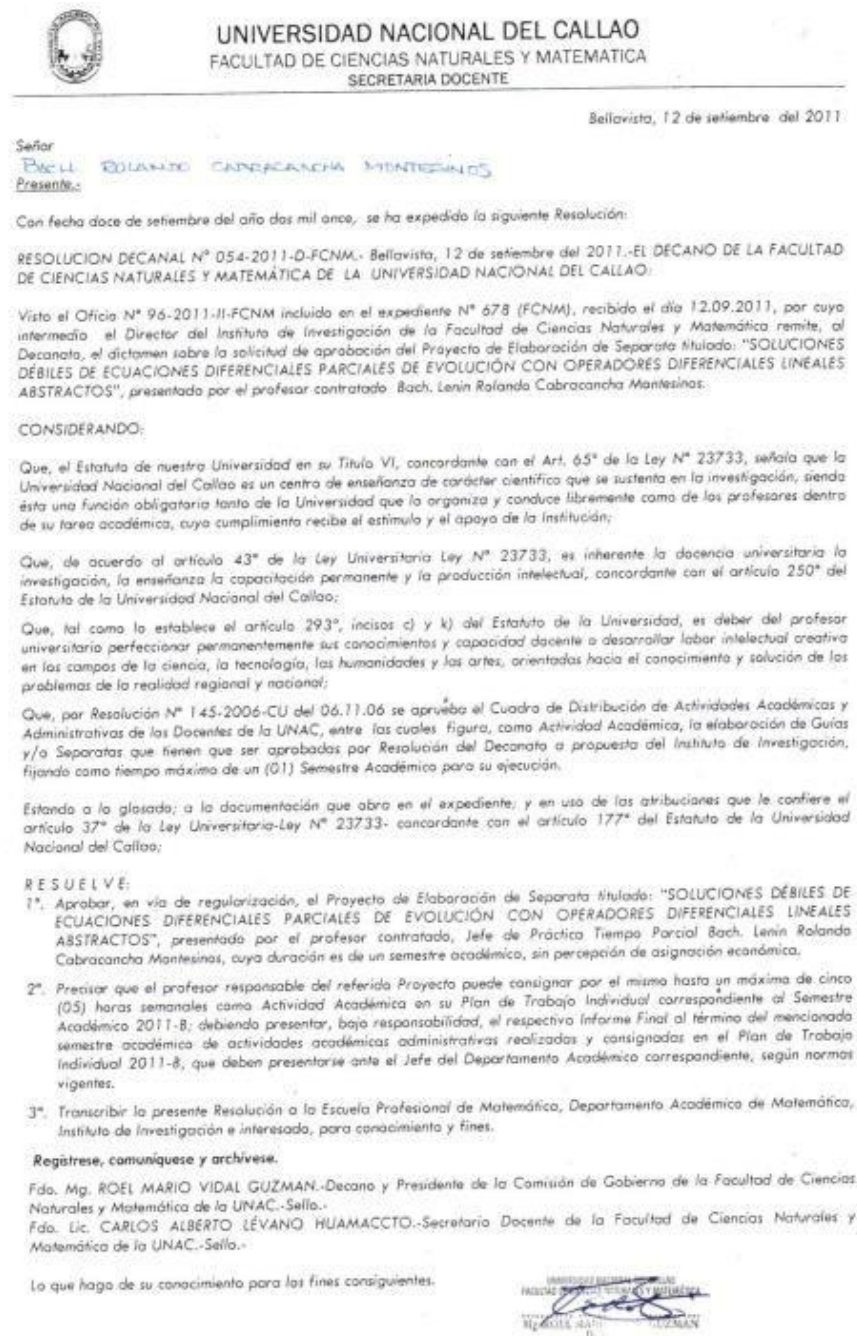


Figura 20. Resolución Decanal de Elaboración de separata Nota. Elaboración Propia

### 3.1.5. Cronograma de las actividades profesionales

El cronograma de los practicas dirigidas durante desarrollo un modelo de enseñanza en el curso de operadores diferenciales lineales en la solución de ecuaciones diferenciales parciales para los estudiantes del semestre 2012-A. de la FCNM-UNAC se muestra en la figura 21

ACTIVIDADES	TIEMPO DE DURACIÓN (SEMANAS)														
	AGOSTO			SETIEMBRE				OCTUBRE			NOVIEMBRE				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Práctica dirigida 1	■														
Práctica dirigida 2		■													
Práctica dirigida 3			■												
Práctica dirigida 4				■											
Práctica dirigida 5					■										
Práctica dirigida 6						■									
Práctica dirigida 7							■								
Práctica dirigida 8								■							
Práctica dirigida 9									■						
Práctica dirigida 10										■					
Práctica dirigida 11											■				
Práctica dirigida 12												■			
Práctica dirigida 13													■		
Práctica dirigida 14														■	
Práctica dirigida 15															■

Figura 21. cronograma de los practicas dirigidas  
Nota. Elaboración Propia

## IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

#### Discusión general

Se comprueba la eficacia del modelo de enseñanza en el curso de operadores diferenciales lineales en la solución de ecuaciones diferenciales parciales para los estudiantes del semestre 2012-A. de la FCNM-UNAC al ser comprado estos resultados con el su informe de experiencia profesional de Licenciatura titulada Métodos de enseñanza en la geometría para los alumnos de tercer año de secundaria en el colegio nazareno. que también desarrolló Trucios, C. (2015). Se observa que los estudiantes del curso de Teoría de Operadores Diferenciales Lineales, con secuencias integradas de procedimientos y recursos, se desarrollan en los estudiantes capacidades para la adquisición, interpretación y procesamiento de la información de tal forma que se consigan aprendizajes significativos

#### Discusiones específicas

- i. Jiménez, J (1999) quien estudia en su tesis doctoral los operadores diferenciales en espacios analíticos a través de series convergentes nosotros abordamos el estudio a través de los operadores lineales abstractos de una manera secuencial y constructiva para llegar a la solución de la EDP.
- ii. El desarrollo secuencial de las practicas dirigidas en el curso de operadores diferenciales lineales logro afianzar el conocimiento adecuado de los conceptos básicos, propiedades y teoremas como herramientas del análisis para los operadores diferenciales lineales en la solución de ecuaciones diferenciales parciales para los estudiantes del semestre 2012-A. de la FCNM-UNAC. en comparación como lo realiza Senosián, M. (2007) En su tesis doctoral Bases y Operadores diferenciales en espacios de sucesiones quien estudia la equivalencia entre dos operadores  $T_1$  y

$T_2$ , es decir busca la existencia de un isomorfismo  $S$ .

- iii. La existencia y unicidad a través de familias y operadores diferenciales lineales acotado como lo realizó Combe, R. (2005) para mostrar la existencia del problema abstracto de Cauchy es similar a la que nosotros proponemos y desarrollamos en el curso de operadores diferenciales lineales en la solución de ecuaciones diferenciales parciales para los estudiantes del semestre 2012-A. de la FCNM-UNAC nosotros abordamos creando un funcional lineal que via condiciones adecuadas se transforma en un operador diferencial el cual al cumplir ciertas condiciones del teorema de Minty-Browers se demuestra la existencia de la solución del problema abstracto que modela una EDP.

## 4.2. Conclusiones.

### **Conclusión general**

Se cumplió con la aplicación de un modelo de enseñanza en el curso de operadores diferenciales lineales en la solución de ecuaciones diferenciales parciales para los estudiantes del semestre 2012-A. de la FCNM-UNAC logrando un desempeño sobresaliente en los estudiantes.

### **Conclusión específica**

- i. Se elaboró modelos matemáticos usando las ecuaciones diferenciales parciales en el curso de operadores diferenciales lineales para los estudiantes del semestre 2012-A. de la FCNM-UNAC logrando motivar a los estudiantes e incentivando su participación activa en su proceso de aprendizaje.
- ii. Se elaboró prácticas dirigidas de las unidades 1, 2, 3 y 4 del curso de operadores diferenciales lineales para los estudiantes del semestre 2012-A. de la FCNM-UNAC las cuales fueron secuencialmente resueltas por los estudiantes las cuales sirvieron para afianzar sus conocimientos en el área del análisis funcional y ecuaciones diferenciales parciales inmersos en el presente curso.

- iii. Se mostro la solución de Ecuaciones diferenciales parciales de evolución aplicando operadores lineales para los estudiantes del semestre 2012-A. de la FCNM-UNAC de una forma constructiva y detallada en la demostración de la existencia y unicidad de las soluciones en espacios abstractos adecuados siendo muy útil como referencia para resolver otras EDP.

## **V. RECOMENDACIONES**

### **Recomendación general**

Se recomienda realizar un diagnóstico preliminar a los estudiantes, para conocer las condiciones básicas y necesarias con que ingresan al curso de operadores diferenciales lineales como: saberes previos, recursos tecnológicos, disponibilidad de tiempo, ya que en base ello poder diseñar un modelo de enseñanza específicamente en el curso de Teoría de Operadores Diferenciales Lineales. También se recomienda implementar un modelo de enseñanza. en todos los cursos de matemática, para garantizar un aprendizaje integral, esto permitirá poder mejorar significativamente a los estudiantes de la carrera profesional de Matemática, teniendo presente los diferentes factores que podrían influir en los resultados finales como la inasistencia, falta de preparación de los estudiantes, recursos bibliográficos escasos y la falta de compromiso por el curso.

### **Recomendaciones específicas**

- i. Se recomienda elaborar modelos matemáticos usando EDP o EDO para el curso de operadores diferenciales lineales en base a la experiencia permite motivar al estudiante a profundizar sus estudios e iniciar su especialización en el área de Matemática y mantener su compromiso activo con el curso.
- ii. Se recomienda elaborar prácticas dirigidas o guías didácticas de problemas y ejercicios para el curso de operadores diferenciales lineales tomando en cuenta los resultados obtenidos y poder mejorar, logrando poder alcanzar resultados favorables en el aprendizaje del estudiante.
- iii. Se recomienda elaborar separatas académicas o monografías para el curso de operadores diferenciales lineales donde se muestre la solución de EDP usando la teoría de operadores diferenciales lineales, material

que puede servir de apoyo al estudiante en el desarrollo de su trabajo de investigación o tesis.

## VI. BIBLIOGRAFIA

- AULEANO. (2016). Definiciones y tipos de aprendizaje significativo. Recuperado el 2 de agosto de 2017 de <https://aulaneo.wordpress.com/teorias-y-tecnicas-de-aprendizaje/teoria-del-aprendizaje-significativo-de-david-ausubel/definiciones-y-tipos-de-aprendizaje-significativo/>
- AUSUBEL-NOVAK-HANESIAN (1983). Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo. 2° Ed. México: Ed. Trillas.
- CARRETERO Mario. (2003) Desarrollo cognitivo y educación. Tomado de la Revista "Cuadernos de Pedagogía" Revista electrónica. <http://www.cuadernosdepedagogia.com/content/Inicio.aspx>.
- CARRETERO, Mario. Constructivismo y Educación, (1993). Buenos Aires: Ed. Aique.
- Combe, R. (2005) En su tesis de maestría titulada Familias de existencia y unicidad y operadores diferenciales. Panamá: Universidad de Panamá.
- Garrancho, P. (2004) Saturación local de operadores lineales conservativos. España: Universidad de Jaén.
- Jiménez, J. (1999) Operadores diferenciales y desarrollos asintóticos en espacios analíticos. España: Universidad de Valladolid.
- LÓPEZ, J. y Leal, I. (2002). Aprender a planificar la formación. Barcelona: Edit Paidós.
- Maddox I.(1977) Elements of Functional Analysis. London. Universidad de Cambridge.
- Nérics Imídeo, G. (2010). Hacia una didáctica general dinámica. Buenos Aires: Kapelusz.
- Ribas, T. (2001). La regulación del proceso de composición escrita en grupo. En A. Camps (coord.) El aula como espacio de investigación y reflexión. Barcelona: Graó, 51-67.
- Senosiáin, M. (2007) Bases y Operadores diferenciales en espacios de sucesiones. España: Universidad de Salamanca.
- Solé, I. (1993) Estrategias de Lectura. Barcelona: ICE/GRAO



- Solé, I. (2001). Evaluar lectura y escritura: algunas características de las prácticas de evaluación innovadoras. *Lectura y Vida*, 22, 4, 6-17
- Trenoguine V. (1985) *Analyse Fonctionnelle*. Moscou:Editorial MIR..
- Torres C. (2021) *Introducción a los espacios de Sobolev*. Trujillo. UNT.
- Trucios, C. (2015) *Métodos de enseñanza en la geometría para los alumnos de tercer año de secundaria en el colegio nazareno*. Perú: Universidad tecnológica del Perú.
- UNAC (2022) Portal de transparencia. <https://www.unac.edu.pe/licenciamiento-institucional>
- Zeidler E, (1990) *Non Linear Functional Analysis and its Applications, II/A: Linear Monotone Operators*. New York.

## ANEXOS

Anexo 1: Declaración Jurada



**Declaración Jurada**

Yo Lenin Rolando Cabracancho Montesinos, Identificado con DNI N° 10690533, con domicilio en Jr. Faustino Sánchez Carrión Mz H8 LT 14 Urb. Mariscal Cáceres – SJL. **DECLARO BAJO JURAMENTO** que el contenido de este informe corresponde a mi autoría, según el Art. 62 del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Callao. Aprobado con resolución N° 099-2021-CU del 30 de junio del 2021.

Así mismo **DECLARO** que conozco las normas, reglamentos y directivas que rigen este proceso de Ciclo Taller de Trabajo de Suficiencia Profesional.

ESTE DOCUMENTO NO HA SIDO REDACTADO EN ESTA NOTARIA.

Lima, 12 de diciembre del 2022



  
FIRMA Y HUELLA DACTILAR  




**NOTARIA DEL VILLAR**

Av. J.C. Mariátegui 2587-A Coop. Huancayo  
Lima 10 (Alt. Via Evitamiento Pto. Nueve)  
Telf. 385-2220 Telefax 385-2291

**CERTIFICO:** Que la firma que antecede corresponde  
a: LENIU ROLANDO CABEA CANCHA MONTE SINOS  
identificado con: DNI: 10690533...El Notario no  
asume responsabilidad sobre el contenido del documento.- Doy fe.

Lima, ..... **12 DIC. 2022**



**MANUEL DEL VILLAR PRADO**  
NOTARIO DE LIMA



Anexo 2: Carta de consentimiento de información



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

*"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"*



**CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE INFORMACION**

Callao, 13 de octubre del 2021.

Sr.  
Lenin Rolando Cabracancho Montesinos  
Bachiller en Matemática de la FCNM

**Presente.-**

**Asunto:** Consentimiento de uso de información

Tengo el agrado de dirigirme a usted en la calidad de Decano de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad Nacional del Callao, a fin de saludarlo cordialmente y a su vez, según lo solicitado por su persona, comunicarle lo siguiente.

Otorgarle el consentimiento para el uso de información documental perteneciente a la FCNM-UNAC, para fines académicos en cuanto a la titulación de su respectiva Carrera Profesional, información que será usada e incluida en el respectivo informe de experiencia profesional del Sr. **Bach. LENIN ROLANDO CABRACANCHA MONTESINOS**, identificado con **DNI N° 10690533**, que se desempeñó como de Jefe de Práctica según el siguiente cuadro:

N°	RESOLUCIÓN	FECHA
01	RESOLUCIÓN RECTORAL N° 158-2012-R.	20.02.2012
02	RESOLUCIÓN RECTORAL N° 164-2012-R	20.02.2012
03	RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 237-2012-CU	02.11.2012
04	RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 070-2014-CU	04.03.2014
05	RESOLUCIÓN DECANAL N° 012-2015-D-FCNM.	23.02.2015
06	RESOLUCIÓN DE COMISIÓN DE GOBIERNO N° 024-2015-CG-FCNM	26.02.2015
07	RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 031-2015-CU.	24.02.2015

Durante el primer Semestre Académico 2011-A hasta fines del Semestre Académico 2015-A, en esta institución de forma satisfactoria y con responsabilidad.

Sin otro particular me despido ante usted.

**Atentamente,**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA



Dr. Juan Abraham Méndez Velásquez  
Decano

Anexo 3: Evidencias del dictado del curso



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

OFICINA DE RECURSOS HUMANOS

AV. SAENZ PEÑA 1066 CALLAO-PERU / R.U.C.: 20138706944 - TEL: 469-1875

LA DIRECTORA DE LA OFICINA DE RECURSOS HUMANOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, que suscribe;

## HACE CONSTAR

Que, don CABRACANCHA MONTESINOS LENIN ROLANDO expersonal docente contratado de esta Casa Superior de Estudios, en la categoría Jefe de Practica a Tiempo Parcial 20 horas, con fecha de ingreso 01 de Abril del 2011 laboro hasta el 30 de Setiembre del 2015; adscrito en la Facultad de Ciencias naturales y Matematicas.

Se expide la presente a solicitud del interesado.

Callao 14 de Diciembre del 2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
  
Econ. CLOTILDE A. PALOMI  
DIRECTORA DE RECURSOS HUMANOS

Constancia N° 666-2016-RR.HH.  
CAPP/ r.a.b.





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE MATEMÁTICA

"AÑO DEL CENTENARIO DE MACHU PICHU PARA EL MUNDO"

**MEMORANDO N° 019-2011-J-DAM-FCNM**

DE : Lic. Absalón Castillo Valdivieso  
Jefe del Departamento Académico de Matemática

PARA : Lic. Lenin Cabracancho Montesinos  
Docente del Departamento Académico de Matemática

ASUNTO : Carga Académica Lectiva – Semestre Académico 2011-A

FECHA : Bellavista, 04 de Abril del 2011

S.P.

Por el presente la Jefatura del Departamento Académico de Matemática entrega a usted la Carga Académica Lectiva correspondiente al Semestre Académico 2011-A, de conformidad con la Programación Académica y Horaria y Distribución de Carga Lectiva 2011-A aprobada mediante Resolución Decanal N° 017-2011-D-FCNM de fecha 24.03.11.

**CARGA ACADÉMICA LECTIVA 2011-A**

ESCUELA PROFESIONAL DE MATEMÁTICA							
NA	COD	ASIGNATURA	GH	DÍA	HORARIO	TH	AULA
1	MA-101	COMPLEMENTO DE MATEMÁTICA	02M	P: Miércoles P: Jueves	10:00 – 11:00 08:00 – 11:00	4	155003
2	MA-103	CÁLCULO I	02M	P: Martes P: Miércoles	08:00 – 10:00 08:00 – 10:00	4	155003
13	MA-204	CÁLCULO IV	01M	P: Lunes P: Viernes	08:00 – 10:00 08:00 – 10:00	4	154001
30	MA-503	ANÁLISIS FUNCIONAL	01M	P: Jueves P: Jueves	17:00 – 18:50 18:50 – 20:30	4	155007
TOTAL DE HORAS LECTIVAS						16	

A demás se le solicita la presentación inmediata de los sílabos de las asignaturas de su carga lectiva.

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE MATEMÁTICA

  
Lic. Absalón Castillo Valdivieso  
Jefe (e)

ACV/Liz  
 File Personal  
 Archivo



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**  
**Departamento Académico de Matemática**

"AÑO DEL CENTENARIO DE MACHU PICHU PARA EL MUNDO"

**MEMORANDO N° 047-2011-J-DAM-FCNM**

DE : Lic. Absalón Castillo Valdivieso  
Jefe del Departamento Académico de Matemática

PARA : Lic. Lenin Cabracancho Montesinos  
Docente del Departamento Académico de Matemática

ASUNTO : Carga Académica No Lectiva - Semestre Académico 2011-A

FECHA : Bellavista, 29 de Abril del 2011.

S.P.

Por el presente la Jefatura del Departamento Académico de Matemática entrega a usted la Carga Académica No Lectiva correspondiente al Semestre Académico 2011-A, aprobada mediante Resolución Consejo de Facultad N° 060-2011-CF-FCNM de fecha 28.04.11.

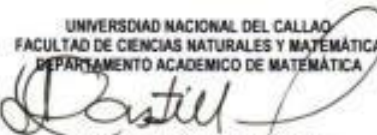
**CARGA ACADÉMICA NO LECTIVA 2011-A**

Categoría	Clase	Dedicación Horaria
Jefe de Práctica	Tiempo Parcial	20 hrs.
<b>A. ACTIVIDADES ACADÉMICAS</b>		<b>HORAS</b>
A.1 Labor lectiva		16
A.2 Preparación de clases y evaluación de cursos		03
A.3 Consejería, tutoría y atención de alumnos		01
<b>TOTAL DE HORAS ACADÉMICAS</b>		<b>20</b>
<b>TOTAL GENERAL DE HORAS</b>		<b>20</b>

Al respecto, sírvase presentar su Plan de Trabajo Individual (05 juegos), considerando la información a la brevedad posible.

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE MATEMÁTICA



Lic. Absalón Castillo Valdivieso  
Jefe (e)





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE MATEMÁTICA

"AÑO DEL CENTENARIO DE MACHU PICHU PARA EL MUNDO"

**MEMORANDO N° 074-2011-J-DAM-FCNM**

DE : Lic. Antonio Calderón Leandro  
Jefe del Departamento Académico de Matemática

PARA : Bach. Lenín Cabracancho Montesinos  
Docente del Departamento Académico de Matemática

ASUNTO : Carga Académica Lectiva - Semestre Académico 2011-B

FECHA : Bellavista, 05 de Agosto del 2011.

S.P.

Por el presente la Jefatura del Departamento Académico de Matemática entrega a usted la Carga Académica Lectiva correspondiente al Semestre Académico 2011-B, de conformidad con la Programación Académica y Horaria y Distribución de Carga Lectiva 2011-B, aprobada mediante Resolución de Consejo de Facultad N° 098-2011-CF-FCNM de fecha 26.07.11.

**CARGA ACADÉMICA LECTIVA 2011-B**

ESCUELA PROFESIONAL DE MATEMÁTICA							
NA	COD	ASIGNATURA	GH	DIA	HORARIO	TH	AULA
13	MA-204	CÁLCULO IV	01M	P: Lunes	12:00 - 14:00	4	154001
				P: Miércoles	12:00 - 14:00		
37	MA-406	TEORÍA DE OPERADORES DIFERENCIALES LINEALES (E1)	01M	T: Martes	18:00 - 19:40	4	155007
				P: Martes	19:40 - 21:20		
ESCUELA PROFESIONAL DE FÍSICA							
2	MA-103	CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL	01F	T: Lunes	08:00 - 11:00	5	154006
				T: Viernes	11:00 - 13:00		
TOTAL HORAS LECTIVAS						13	

A demás se le solicita la presentación inmediata de los SILABOS POR COMPETENCIA del o los cursos que tendrá a su cargo, a más tardar hasta el día lunes 15.08.11 hasta las 15:00 horas, asimismo se le solicita la presentación de los informes mensuales e informe final correspondiente al Semestre 2011-A.

Atentamente,



ACL/Lig  
Fecha:



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE MATEMÁTICA

"Año del Centenario de Machu Pichu para el Mundo"

**MEMORANDO N° 101-2011-J-DAM-FCNM**

DE : Lic. Antonio Calderón Leandro  
Jefe del Departamento Académico de Matemática

PARA : Bñc. Lenin Cabracancho Montesinos  
Docente del Departamento Académico de Matemática

ASUNTO : Carga Académica No Lectiva Semestre Académico 2011-B

FECHA : Bellavista, 05 de Agosto del 2011.

S.P.

Por el presente la Jefatura del Departamento Académico de Matemática entrega a usted la Carga Académica No Lectiva correspondiente al Semestre Académico 2011-B.

**CARGA ACADÉMICA LECTIVA 2011-B**

Categoría	Clase	Dedicación Horaria
Jefe de Práctica	Tiempo Parcial	20 hrs.
A. ACTIVIDADES ACADÉMICAS		HORAS
A.1 Labor lectiva		13
A.2 Preparación de clases y evaluación de cursos		3
A.3 Consejería, tutoría y atención de alumnos		4
<b>TOTAL DE HORAS ACADÉMICAS</b>		<b>20</b>
<b>TOTAL GENERAL DE HORAS</b>		<b>20</b>

Atentamente,



ACL/Lig  
Archivo



**MEMORANDO N° 006-2012-CCA-FCNM**

DE : Lic. Absalón Castillo Valdivieso  
 Coordinador del Ciclo de Complementación Académico 2012-V

PARA : Lic. CABRACANCHA MONTESINOS LENIN  
 Docente de la Escuela Profesional de Matemática

ASUNTO : Entrega de Carga Académica Lectiva del Ciclo de Verano 2012-V

FECHA : Bellavista, 06 de Enero del 2012.

S.P.

Por el presente me dirijo a Ud. para hacerle entrega de la Carga Lectiva correspondiente al Semestre Académico 2012-V, de conformidad con la Programación Académica y Horaria, aprobada mediante Resolución de Comisión de Gobierno N° 035-2011-CG-FCNM de fecha 30.11.11:

**CARGA ACADÉMICA LECTIVA 2012-V**

**ESCUELA PROFESIONAL DE MATEMÁTICA**

N°	CODIGO	ASIGNATURA	GH	DIA	HORARIO	AULA	T	P	L	C	PRE-REQUIS.	TOTAL HORAS	
8	MA-201	ALGEBRA II	01M	LU	P	08:00 - 11:20	154002	8	8	-	6	MA-102	08
				MI	P	08:00 - 11:20							
13	MA-204	CALCULO IV	01M	LU	P	13:50 - 17:10	154008	8	8	-	6	MA-203	08
				MI	P	13:50 - 17:10							
<b>TOTAL HORAS: 08</b>													

**ESCUELA PROFESIONAL DE FÍSICA**

N°	CODIGO	ASIGNATURA	GH	DIA	HORARIO	AULA	T	P	L	C	PRE-REQUIS.	TOTAL HORAS	
5	MA-102	CALCULO VECTORIAL	01F	LU	P	13:50 - 17:10	154008	10	6	-	6	MA-103	08
				MI	P	13:50 - 17:10							
<b>TOTAL HORAS: 08</b>													

TOTAL GENERAL HORAS : 16

Sin otro particular, reitero a usted las seguridades de mi especial consideración.

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
 FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
 CICLO DE COMPLEMENTACION ACADÉMICA 2012-V

Lic. Absalón Castillo Valdivieso  
 Coordinador

ACV/bendición  
 DPTO. FÍSICA  
 DPTO. MATEMÁTICA  
 Archivo



“Año de la Integración Nacional y el Reconocimiento de Nuestra Diversidad”

**MEMORANDO N° 015-2012-CCA-FCNM**

DE : Lic. Absalón Castillo Valdivieso  
Coordinador del Ciclo de Complementación Académica  
2012-V

PARA : PROF. CABRACANCHA MONTESINOS LENIN  
Docente de la Escuela Profesional de Matemática

ASUNTO : Carga Académica 2012-V

FECHA : Bellavista, 19 de Enero del 2012.

Por el presente alcanzo a Ud. las horas de las actividades Académicas correspondiente al Semestre Académico 2012-V, de conformidad con lo establecido en el Plan de Trabajo Individual 2012-V :

ACTIVIDADES ACADEMICAS	HORARIO
Preparación de Clases y Evaluación de cursos	LU. 11:20-13:00
Consejería, Tutoría y atención de alumnos	MI. 11:20-13:00

Sin otro particular, reitero a usted las seguridades de mi especial consideración.

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
CICLO DE COMPLEMENTACION ACADÉMICA 2012-V

Lic. Absalón Castillo Valdivieso  
Coordinador

ACV

Archivar



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICA  
Departamento Académico de Matemática**

**"AÑO DE LA INTEGRACIÓN Y EL RECONOCIMIENTO DE NUESTRA  
DIVERSIDAD"**

**MEMORANDO N° 028-2012-J-DAM-FCNM**

DE : Lic. Ezequiel Fajardo Campos  
Jefe del Departamento Académico de Matemática

PARA : Lic. Lenin Cabracancho Montesinos  
Docente del Departamento Académico de Matemática

ASUNTO : Carga Académica Lectiva – Semestre Académico 2012-A

FECHA : Bellavista, 26 de Marzo del 2012.

S.P.

Por el presente la Jefatura del Departamento Académico de Matemática entrega a usted la Carga Académica Lectiva correspondiente al Semestre Académico 2012-A, de conformidad con la Programación Académica y Horaria y Distribución de Carga Lectiva 2012-A aprobada mediante Resolución Decanal N° 029-2012-D-FCNM de fecha 21.03.12.

**CARGA ACADÉMICA LECTIVA 2012-A**

ESCUELA PROFESIONAL DE MATEMÁTICA							
NA	COD	ASIGNATURA	GH	DIA	HORARIO	TH	AULA
24	MA-403	INT. A LA GEOMETRIA DIFERENCIAL	01M	T : Lunes P : Miércoles	18:50 – 20:30 14:40 – 16:20	4	155006
03	MA-105	INT. A LA TEORIA DE NUMEROS	01M	P: Viernes	10:30 – 13:50	4	155005
35	MA-308	INT. A LAS DISTRIBUCIONES	01M	T:Viernes P: Viernes	17:10 – 18:50 18:50 – 20:30	4	155005
39	MA-503	TEORIA VARACIONAL LINEAL	01M	T: Viernes P: Viernes	13:50 – 15:30 15:30 – 17:10	4	154002
TOTAL DE HORAS LECTIVAS						16	4

A demás se le solicita la presentación inmediata de los sílabos de las asignaturas de su carga lectiva.

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICA  
DEPARTAMENTO ACADEMICO DE MATEMATICA

Lic. EZEQUIEL FAJARDO CAMPOS  
Jefe de Departamento (e)





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**  
**Departamento Académico de Matemática**

**"AÑO DE LA INTEGRACIÓN Y EL RECONOCIMIENTO DE NUESTRA DIVERSIDAD"**

**MEMORANDO N° 096-2012-J-DAM-FCNM**

DE : Lic. Ezequiel Fajardo Campos  
 Jefe del Departamento Académico de Matemática

PARA : Lic. Lenin Cabracancho Montesinos  
 Docente del Departamento Académico de Matemática

ASUNTO : Carga Académica Lectiva – Semestre Académico 2012-B

FECHA : Bellavista, 01 de Agosto del 2012.

S.P.

Por el presente la Jefatura del Departamento Académico de Matemática entrega a usted la Carga Académica Lectiva correspondiente al Semestre Académico 2012-B, de conformidad con la Programación Académica y Horaria y Distribución de Carga Lectiva 2012-B aprobada mediante Resolución de Comisión de Gobierno N° 078-2012-CG-FCNM de fecha 20.07.12

**CARGA ACADÉMICA LECTIVA 2012-B**

ESCUELA PROFESIONAL DE MATEMÁTICA							
NA	COD	ASIGNATURA	GH	DIA	HORARIO	TH	AULA
1	MA-101	COMPLEMENTO DE MATEMÁTICA	02M	T: Martes P: Miércoles	08:00 – 11:00 12:00 – 13:00	4	K-503
37	MA-408	TEORÍA DE OPERADORES DIFERENCIALES LINEALES	01M	T: Martes P: Jueves	17:00 – 18:40 17:00 – 18:40	4	K-507
38	MA-507	OPERADORES EN ESPACIO DE HILBERT (e)	01M	T: Martes P: Jueves	19:30 – 21:10 19:30 – 21:10	4	K-401
ESCUELA DE FÍSICA							
2	MA-103	CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL	01F	P: Jueves	08:00 – 11:00	3	K-406
TOTAL DE HORAS LECTIVAS						15 Hrs	

A demás se le solicita la presentación inmediata de los sílabos de las asignaturas de su carga lectiva.

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
 FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE MATEMÁTICA

Lic. EZEQUIEL FAJARDO CAMPOS  
 Jefe de Departamento (e)

EFC/mg  
 File Personal  
 Archivo



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
Departamento Académico de Matemática**

**"AÑO DE LA INTEGRACIÓN Y EL RECONOCIMIENTO DE NUESTRA  
DIVERSIDAD"**

**MEMORANDO N° 132-2012-J-DAM-FCNM**

DE : Lic. Ezequiel Fajardo Campos  
Jefe del Departamento Académico de Matemática

PARA : Bach. Lenin Cabracancho Montesinos  
Docente del Departamento Académico de Matemática

ASUNTO : Carga Académica y Administrativa – Semestre Académico 2012-B

FECHA : Bellavista, 27 de Agosto del 2012.

S.P.

Por el presente la Jefatura del Departamento Académico de Matemática entrega a usted la carga correspondiente al Semestre Académico 2012-B, aprobada mediante Resolución Decanal N° 065-2012-D-FCNM de fecha 08.08.12. Que en su numeral (2) dice que los docentes deben presentar informes sustentados de sus actividades realizadas contemplando el reglamento de control de actividades según horas designadas.

**CARGA ACADÉMICA Y ADMINISTRATIVA 2012-B**

Categoría	Clase	Dedicación Horaria
Jefe de Práctica	Tiempo Parcial	20 hrs.
<b>A. ACTIVIDADES ACADÉMICAS</b>		<b>HORAS</b>
A.1 Labor lectiva		15
A.2 Preparación de clases y evaluación de cursos		02
A.3 Consejería, tutoría y atención de alumnos		03
<b>TOTAL DE HORAS ACADÉMICAS</b>		<b>20</b>
<b>TOTAL GENERAL DE HORAS</b>		<b>20</b>

1. Asimismo adjunto formato del Plan de trabajo individual 2012-B para su respectivo llenado hasta el día 3 de setiembre del presente hacerlo llegar al DAM.
2. Formato de control de asesoría tutorías para adjuntarlo en el informe final sustentado del presente semestre.

Atentamente,



EFC:mg  
FAC Personal  
Archivo



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**  
**Departamento Académico de Matemática**

**"Año de la Inversión para el Desarrollo Rural y la Seguridad Alimentaria"**

**MEMORANDO N° 098-2013-J-DAM-FCNM**

DE : Lic. Emilio M. Castillo Jiménez  
Jefe (E) del Departamento Académico de Matemática

PARA : Bach. Lenin Cabracancho Montesinos  
Docente del Departamento Académico de Matemática

ASUNTO : Carga Académica Lectiva – Semestre Académico 2013-B.

FECHA : Bellavista, 15 de Agosto del 2013.

S.P.

Por el presente la Jefatura del Departamento Académico de Matemática entrega a usted la Carga Académica Lectiva correspondiente al Semestre Académico 2013-B, de conformidad con la Programación Académica y Horaria y Distribución de Carga Lectiva 2013-B aprobada mediante Resolución de Comisión de Gobierno N° 076-2013-CG-FCNM de fecha 01.08.13.

**CARGA ACADÉMICA LECTIVA 2013-B**

ESCUELA PROFESIONAL DE MATEMÁTICA							
NA	COD	ASIGNATURA	GH	DIA	HORARIO	TH	AULA
1	MA-101	COMPLEMENTO DE MATEMÁTICA	02M	P : Martes P : Miércoles	08 :00-10 :00 12 :00-14 :00	4	K-503
5	MA-102	ALGEBRA I	01M	P : Martes P : Martes	10 :00-12 :00 12 :00-14 :00	4	K-506
16	MA-301	ANÁLISIS I	01M	P : Lunes P : Lunes	08 :00-10 :00 10 :00-12 :00	4	K-402
TOTAL DE HORAS LECTIVAS						12 Hrs	

A demás se le solicita la presentación inmediata de los sílabos de las asignaturas de su carga lectiva.

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FCNM  
DPTO. ACADÉMICO DE MATEMÁTICA  
Lic. Emilio M. Castillo Jiménez  
Jefe (E)





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**  
**Departamento Académico de Matemática**

**"Año de la Inversión para el Desarrollo Rural y la Seguridad Alimentaria"**

**MEMORANDO N° 131-2013-J-DAM-FCNM**

DE : Lic. Emilio M. Castillo Jiménez  
Jefe del Departamento Académico de Matemática

PARA : Bach. Lenin Cabracancho Montesinos  
Docente del Departamento Académico de Matemática

ASUNTO : Carga Académica y Administrativa- Semestre Académico 2013-B

FECHA : Bellavista, 11 de Setiembre del 2013.

S.P.

Por el presente la Jefatura del Departamento Académico de Matemática entrega a usted la carga Académica y Administrativa correspondiente al Semestre Académico 2013-B, asimismo los docentes deben presentar informes sustentados de sus actividades realizadas contemplando el reglamento de control de actividades según horas designadas.

**CARGA ACADÉMICA Y ADMINISTRATIVA 2013-B.**

Categoría	Clase	Dedicación Horaria
Jefe de Práctica	Tiempo Parcial	20 hrs.
<b>A. ACTIVIDADES ACADÉMICAS</b>		<b>HORAS</b>
A.1 Labor lectiva		12
A.2 Preparación de clases y evaluación de cursos		03
A.3 Consejería, tutoría y atención de alumnos		05
<b>TOTAL DE HORAS ACADÉMICAS</b>		<b>20</b>
<b>TOTAL GENERAL DE HORAS</b>		<b>20</b>

A demás se le solicita la presentación inmediata de su Plan de Trabajo Individual.

Atentamente,

ECI/mgl  
☐ Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE MATEMÁTICA  
Lic. Emilio M. Castillo Jiménez  
Jefe DE

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE MATEMÁTICA

MEMORÁNDO CIRCULAR N° 005-2014-DAM-FCNM

Para: Lenin Cabracancho Montesinos  
Docentes del Departamento Académico de Matemática

Asunto: Ciclo Introdutorio para Ingresantes 2013-II

Fecha : Bellavista, marzo 05, 2014

Por el presente, tengo a bien indicarle, el *Cronograma del Ciclo Introdutorio para Ingresantes 2013-II* de la Escuela Profesional de Física, a realizarse del 17 al 21 de marzo del 2014, tal como se detalla a continuación:

HORA	LUNES 17.03	MARTES 18.03	MIÉRCOLES 19.03	JUEVES 20.03	VIERNES 21.03
08.00-10.00	Elementos de Geometría Analítica Vectorial Prof. Lenin Cabracancho	Elementos de Geometría Analítica Vectorial Prof. Lenin Cabracancho	Introducción al Cálculo Prof. Jesús Yuncar	Elementos de Geometría Analítica Vectorial Prof. Lenin Cabracancho	Introducción al Cálculo Prof. Jesús Yuncar
12:00-14:00					Computación Básica Prof. Elmer León

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE MATEMÁTICA  
Lto. Elmer M. Castro Jiménez  
Jefe (E)

ECJ/nbf

c.c.: Archivo



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE MATEMÁTICA**

*"Año de la Promoción de la Industria Responsable en el Compromiso Climático"*

**MEMORÁNDO Nº 090-2014-DAM-FCNM**

PARA : LENIN CABRACANCHA MONTESINOS  
Docente del Departamento Académico de Matemática

ASUNTO : Carga Académica Lectiva del Semestre Académico 2014-B

FECHA : Bellavista, 06 de agosto del 2014

Por el presente la Jefatura del Departamento Académico de Matemática entrega a usted, la Carga Académica Lectiva correspondiente al Semestre Académico 2014-B; tal como se detalla en la siguiente relación:

NA	CODIGO	ASIGNATURA	GH	DIA	HORARIO	AULA	T	P	L	
3	MA-105	INTRODUCCIÓN A LA TEORIA DE NUMEROS	01M	P. JUEVES	10 00 - 12 00	K-505	-	4	-	
				P. VIERNES	12 00 - 14 00					
8	MA-201	ALGEBRA II	01M	P. MARTES	08 00 - 10 00	K-507	-	4	-	
				P. JUEVES	08 00 - 10 00					
1	MA-101	COMPLEMENTO DE MATEMATICA	01F	P. LUNES	10 00-12 00	154006	-	4	-	
				P. MIÉRCOLES	08 00-10 00					
5	MA-102	CÁLCULO VECTORIAL	01F	P. VIERNES	08 00-11 00	154007	-	3	-	
<b>TOTAL DE HORAS ACADÉMICAS</b>									<b>15</b>	

Asimismo, deberá tener en cuenta lo siguiente:

Inicio de clases : 18 de agosto  
Exámenes parciales : 06 al 10 de octubre  
Exámenes finales : 01 al 05 de diciembre  
Exámenes sustitutorios : 09 al 15 de diciembre  
Entrega de actas a EPM : 16 y 17 de diciembre  
Finalización del semestre : 18 de diciembre

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE MATEMÁTICA

Lic. Ezequiel Fajardo Campos  
Jefe



## UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

### FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

#### Escuela Profesional de Matemática

### Curso Teoría de Operadores diferenciales Lineales

#### PRIMER MODELO MATEMÁTICO DE UNA ECUACIÓN DIFERENCIAL PARCIAL DE EVOLUCIÓN DE TIPO PARABÓLICO

Autor: Lenin R. Cabracancho Montesinos

La Ecuación de Calor Estándar, está dada por:

$$\frac{\partial}{\partial t} u(t, x) = \lambda^2 \frac{\partial^2}{\partial x^2} u(t, x)$$

Bajo las condiciones iniciales  $u(0, x) = h(x)$ . Donde  $\lambda^2$ , es una constante positiva llamada "Coeficiente de Difusión"  $u(t, x)$  es una función, que se asume nula para  $t < 0$ .

La ecuación del calor (ecuación de difusión) describe la evolución en el tiempo de densidades  $u(x, t)$  de ciertas cantidades tales como la temperatura, la concentración química de ciertas sustancias, la concentración de poblaciones, etc. El fenómeno físico típicamente relacionado con esta ecuación es el de la difusión del calor a lo largo de una varilla semi-infinita, donde  $u(t, x)$  es la variable temperatura en el tiempo "t", a una distancia "x" del extremo.

Trabajando en mayor dimensión por ejemplo  $\mathbb{R}^n$  tenemos las ecuaciones siguientes:

- La ecuación del calor homogénea  $u_t - \Delta u = 0$
- La ecuación del calor no homogénea  $u_t - \Delta u = f$

a las que añadiremos condiciones de contorno e iniciales apropiadas. Dado  $\Omega \subseteq \mathbb{R}^n$  y  $0 < T \leq \infty$ , supondremos que la función incógnita  $u$  está definida,  $u: (x, t) \in \Omega \times (0, T) \mapsto u(x, t) \in \mathbb{R}$ . El operador  $\Delta$  (Laplaciano) está calculado respecto a la variable  $x$ ,  $\Delta u(x, t) = \sum_{i=1}^n \frac{\partial^2 u}{\partial x_i^2}(x, t)$ . La función  $f: \Omega \times (0, T) \mapsto \mathbb{R}$ .

Varios autores han estudiado dichos problemas entre ellos tenemos.

Pérez (2009) en su artículo titulado "Existencia de soluciones débiles para una clase de ecuaciones parabólicas no lineales". Estudia el siguiente problema:

$$\begin{cases} u_t(x, t) - \Delta u(x, t) + |u(x, t)|^p u(x, t) = f(x, t) & \text{en } Q \\ u(x, t) = 0 & \text{en } \Sigma \\ u(x, 0) = u_0 & \text{en } \Omega \end{cases}$$

Donde demuestra la existencia y unicidad de la solución fuerte como débil.

En consecuencia, podemos generalizar utilizando herramientas del análisis a un problema más general y abstracto, cuya solución lo podemos realizar a través de la teoría de operadores diferenciales lineales en espacios abstractos adecuados del análisis funcional así tenemos la ecuación abstracta del calor.

### **Ecuación abstracta del Calor**

Considerando  $V$  un espacio de Hilbert separable, cuyo producto interno es representado por  $(\cdot, \cdot)$  y la norma  $\|\cdot\|$ ,  $H$  un espacio de Hilbert separable, cuyo producto interno es representado por  $(\cdot, \cdot)$  y la norma  $\|\cdot\|$ , siendo  $V \subseteq H$  denso y con una inmersión de  $V$  en  $H$  compacta y continua. Identificamos  $H$  con su dual  $H'$ , y se obtiene  $V \subseteq H = H' \subseteq V'$

Si  $A \in f(V, V')$  es un operador lineal, adjunto y simétrico, (es decir  $A = A'$  desde que  $(Au, v) = (Av, u)$  para todo  $u, v \in V$ ). También  $A$  es coercivo ( $\exists \alpha > 0 ; (Au, u) \geq \alpha \|u\|^2$ ) y  $f \in L^1(0, T; H)$

En el presente trabajo estudiaremos la ecuación abstracta del Calor

$$\begin{cases} u'' + Au = f & \text{en } H \\ u(x; 0) = u_0(x) & \text{en } V \end{cases}$$



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**  
**Escuela Profesional de Matemática**

**Curso Teoría de Operadores diferenciales Lineales**  
**SEGUNDO MODELO MATEMÁTICO DE UNA ECUACIÓN DIFERENCIAL**  
**PARCIAL DE EVOLUCIÓN DE TIPO HIPERBÓLICO**  
**Autor: Lenin R. Cabracancho Montesinos**

La Ecuación de Onda, cuando consideramos las oscilaciones de una cuerda no acotada, toma la forma más sencilla

$$\frac{\partial^2}{\partial t^2} u(t, x) = \lambda^2 \frac{\partial^2}{\partial x^2} u(t, x)$$

Con condiciones iniciales  $u(0, x) = g(x)$ ;  $D_t u(0, x) = f(x)$  y  $u(t, 0) = 0$

Donde  $\lambda$  denota la velocidad de ondas y  $u(t, x)$  la desviación longitudinal de la cuerda del eje  $x$ , en un tiempo determinado  $t$ .

La ecuación de onda es una importante ecuación diferencial en derivadas parciales lineal de segundo orden que describe la propagación de una variedad de ondas, por ejemplo, si consideramos el problema del valor inicial para el enfoque  $n$ -dimensional, con el cilindro  $Q = \Omega \times ]0, T[$  de  $\mathbb{R}^{n+1}$  donde  $\Omega$  es un conjunto abierto acotado de  $\mathbb{R}^n$  con frontera  $\Gamma$  de clase  $C^1$ . La frontera lateral de  $Q$  es denotada por  $\Sigma = \Gamma \times ]0, T[$ . Tenemos:

$$\begin{array}{ll} u''(x, t) - \Delta u(x, t) = f(x, t) & \text{en } Q \\ \{u(x, t) = 0\} & \text{sobre } \Sigma \\ u(x, 0) = u_0, \quad u'(x, 0) = u_1 & , \quad x \in \Omega \end{array}$$

Considerando  $u' = \frac{\partial u}{\partial t}$  derivada parcial respecto al tiempo y  $\Delta u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$  la segunda derivada parcial respecto al espacio.

Autores nacionales como internacionales estudian las variaciones de estas como Moreno (2003) en su tesis titulada "Decaimiento exponencial de la energía para la ecuación de onda con termino disipativo de coeficiente variable". Estudia el siguiente problema:

$$\begin{array}{ll} u''(x, t) - \Delta u(x, t) + a(x)u'(x, t) = f(x, t) & \text{en } Q \\ \{u(x, t) = 0\} & \text{sobre } \Sigma \\ u(x, 0) = u_0, \quad u'(x, 0) = u_1 & , \quad x \in \Omega \end{array}$$

Donde demuestra la existencia y unicidad de la solución fuerte como débil, y uno de los resultados más importantes demuestra el lema de Nakao para el análisis del comportamiento de la energía asociada al sistema.

Medeiros y Limaco (2005), en su artículo “la ecuación de Kirchhoff en un dominio no cilíndrico” estudia el siguiente problema

$$\begin{aligned}
 u''(x, t) - M \left( \int_{\Omega} |\nabla u(x, t)|^2 dx \right) \Delta u(x, t) &= 0 && \text{en } \hat{Q} \\
 u(x, t) &= 0 && \text{sobre } \hat{\Sigma} \\
 | u(x, 0) = u_0, \quad u'(x, 0) = u_1 & && , \quad x \in \Omega
 \end{aligned}$$

Obteniendo como resultado la existencia de la solución en un dominio no cilíndrico, para ello desarrollan y utilizan un difeomorfismo encontrando primero la solución en el dominio cilíndrico que luego es llevada vía el difeomorfismo a un dominio no cilíndrico.

En consecuencia, podemos generalizar utilizando herramientas del análisis a un problema mas general y abstracto, cuya solución lo podemos realizar a través de la teoría de operadores diferenciales lineales en espacios abstractos adecuados del análisis funcional así tenemos la ecuación abstracta de la onda.

### Ecuación abstracta de la Onda

Considerando  $V$  un espacio de Hilbert separable, cuyo producto interno es representado por  $((, ))$  y la norma  $\| \cdot \|$ ,  $H$  un espacio de Hilbert separable, cuyo producto interno es representado por  $(, )$  y la norma  $| \cdot |$ , siendo  $V \subseteq H$  denso y con una inmersión de  $V$  en  $H$  compacta y continua. Identificamos  $H$  con su dual  $H'$ , y se obtiene  $V \subseteq H = H' \subseteq V'$

Si  $A \in f(V, V')$  es un operador lineal, adjunto y simétrico, (es decir  $A = A'$  desde que  $(Au, v) = (Av, u)$  para todo  $u, v \in V$ ). También  $A$  es coercivo ( $\exists \alpha > 0 ; (Au, u) \geq \alpha \|u\|^2$ ) y  $f \in L^1(0, T; H)$

En el presente trabajo estudiaremos la ecuación abstracta de la Onda

$$\begin{aligned}
 u'' + Au &= f && \text{en } H \\
 \{ u(x; 0) = u_0(x) & && \text{en } V \\
 u'(x; 0) = u_1(x) & && \text{en } H
 \end{aligned}$$





## UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

Escuela Profesional de Matemática

### Teoría de Operadores diferenciales Lineales

#### Practica dirigida 1

- Sean  $x_n, x, y_n, y \in X$  ( $n \in \mathbb{N}$ ) Demostrar que:
  - Si  $x_n \rightarrow x$  entonces  $x_n$  es una sucesión acotada
  - Si  $x_n \rightarrow x$ ,  $\lambda_n \rightarrow \lambda$ ,  $\lambda_n \in \mathbb{C}$  entonces  $\lambda_n x_n \rightarrow \lambda x$
  - Si  $x_n \rightarrow x$  entonces  $\|x_n\| \rightarrow \|x\|$
  - Si  $x_n \rightarrow x$  y  $\|x_n - y_n\| \rightarrow 0$ , entonces  $y_n \rightarrow x$
  - Si  $x_n \rightarrow x$  entonces  $\|x_n - y\| \rightarrow \|x - y\|$
  - Si  $x_n \rightarrow x$ ,  $y_n \rightarrow y$  entonces  $\|x_n - y_n\| \rightarrow \|x - y\|$
- Demostrar que una bola abierta  $S_r(x_0)$  es un conjunto abierto, una bola cerrada  $\bar{S}_r(x_0)$  es un conjunto cerrado, y la clausura (adherencia)  $S_r(x_0)$  coincide con  $\bar{S}_r(x_0)$ .
- Demostrar que para cualesquiera elementos  $x, y \in X$  se cumple la desigualdad  $\|x\| \leq \max\{\|x + y\|, \|x - y\|\}$
- Demostrar que un conjunto  $A \subset X$  es acotado si, y solo si, para cualquier sucesión  $x_n \in A$  y cualquier sucesión  $\lambda_n \in \mathbb{C}$ , que tiende a cero, la sucesión  $x_n \lambda_n$  tiende a cero.
- Comprobar que en los casos siguientes se cumplen los axiomas de normas
  - El espacio  $E^m$  de las columnas  $x = (x_k)_{k=1}^m$  con norma  $\|x\| = [\sum_{k=1}^m |x_k|^2]^{1/2}$
  - El espacio  $c^m$  de las columnas  $x = (x_k)_{k=1}^m$  con norma  $\|x\| = \max_{1 \leq k \leq m} |x_k|$
  - El espacio  $l^m$  de las columnas  $x = (x_k)_{k=1}^m$  con norma
  - El espacio  $l_1$  de las sucesiones  $x = (x_1, x_2, \dots)$ ;  $x_k \in \mathbb{R}$  que satisfacen la condición  $\sum_{k=1}^{\infty} |x_k| < \infty$  con norma  $\|x\| = \sum_{k=1}^{\infty} |x_k|$ .
  - El espacio  $l_2$  de las sucesiones  $x = (x_1, x_2, \dots)$ ;  $x_k \in \mathbb{R}$  que satisfacen la condición  $\sum_{k=1}^{\infty} |x_k|^2 < \infty$  con norma  $\|x\| = [\sum_{k=1}^{\infty} |x_k|^2]^{1/2}$
  - El espacio  $l_p$  de las sucesiones  $x = (x_1, x_2, \dots)$ ;  $x_k \in \mathbb{R}$  que satisfacen la condición  $\sum_{k=1}^{\infty} |x_k|^p < \infty$  con norma  $\|x\| = [\sum_{k=1}^{\infty} |x_k|^p]^{1/p}$





# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

Escuela Profesional de Matemática

## Teoría de Operadores diferenciales Lineales

### Practica dirigida 2

#### Norma de un Operador diferencial Lineal

1. Demostrar que los siguientes operadores son lineales acotados
  - a) El operador  $A: C[0; 1] \rightarrow C[0; 1]$ ,  $Ax(t) = \int_0^t x(s) ds$
  - b) El operador  $A: C[-1; 1] \rightarrow C[0; 1]$ ,  $Ax(t) = x(t)$
  - c) El operador  $A: C^1[a; b] \rightarrow C^1[a; b]$ ,  $Ax(t) = \frac{dx}{dt}$
  - d) El operador  $A: L_2[0; 1] \rightarrow L_2[0; 1]$ ,  $Ax(t) = t \int_0^1 x(s) ds$
  - e) El operador  $A: L_2[0; 1] \rightarrow L_2[0; 1]$ ,  $Ax(t) = \int_0^t x(s) ds$
  - f) El operador  $A: H^1[0; 1] \rightarrow C[0; 1]$ ,  $Ax(t) = tx(t)$
2. Será acotado el operador  $A: C[0; 1] \rightarrow C[0; 1]$ ,  $Ax(t) = \frac{dx}{dt}$ , cuyo campo de definición  $L$  es una variedad lineal de funciones continuamente diferenciables sobre  $[0; 1]$ .
3. Será acotado el operador  $A: H^1[0; 1] \rightarrow L_2[0; 1]$ ,  $Ax(t) = dx/dt$
4. Demostrar que es acotado el operador  $A: C^k[a; b] \rightarrow C[a; b]$ ,

$$Ax(t) = \sum_{i=0}^k \varphi_i(t) x^{(i)}(t)$$

donde las funciones  $\varphi_i(t)$  para  $i = 0, 1, 2, \dots, k$ , son continuas sobre  $[a; b]$ .

5. Sea  $e_n$  ( $n \in \mathbb{N}$ ) una base ortonormalizada de un espacio de Hilbert  $H$ ,  $\lambda_n \in \mathbb{R}$  ( $n \in \mathbb{N}$ ). Demostrar que si la sucesión  $\lambda_n$  es acotada, las igualdades  $Ae_n = \lambda_n e_n$  ( $n \in \mathbb{N}$ ) definen un operador lineal acotado  $A: H \rightarrow H$  con  $D(A) = H$  y  $\|A\| = \sup_n |\lambda_n|$ .
6. Sean  $X, Y$  espacios normados y además  $X$  es de dimensión finita. Demostrar que el operador lineal  $A: X \rightarrow Y$  con  $D(A) = X$  es acotado y existe  $x \in X, x \neq 0$  tal que  $\|Ax\| = \|A\| \|x\|$
7. Demostrar que el núcleo  $N(A)$  del operador lineal acotado  $A: X \rightarrow Y$  es un subespacio del espacio  $X$ .
8. Sea  $A: X \rightarrow Y$  un operador lineal con  $D(A) = X$ , con la particularidad de que  $R(A)$  es de dimensión finita y  $N(A)$  es cerrado en  $X$ . Demostrar que  $A$  es un operador acotado.
9. Sea  $X$  un espacio de Banach,  $A: X \rightarrow X$  un operador lineal isométrico con  $D(A) = X$ . Demostrar que  $R(A)$  es un subespacio del espacio  $X$ .
10. Sea  $X$  un espacio de Banach,  $A: X \rightarrow X$  un operador lineal isométrico con  $D(A) = X$ , tal que existe un  $c > 0$  tal que para cualquier  $x \in X$  se cumple la desigualdad  $\|Ax\| \geq c\|x\|$ . Demostrar que  $R(A)$  es un subespacio del espacio  $X$ .



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

Escuela Profesional de Matemática

## Teoría de Operadores diferenciales Lineales

### Practica dirigida 4

#### Continuidad de un Operador diferencial lineal

1. Sean  $X, Y$  espacios vectoriales  $A: X \rightarrow Y$  un operador lineal, y un sistema de elementos  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \in D(A)$  linealmente dependiente. Demostrar que el sistema  $Ax_1, Ax_2, Ax_3, \dots, Ax_n$  es linealmente dependiente
2. Sean  $X, Y$  espacios vectoriales  $A: X \rightarrow Y$  un operador lineal, y un sistema de elementos  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \in D(A)$  linealmente independiente. ¿El sistema de elementos  $Ax_1, Ax_2, Ax_3, \dots, Ax_n$  es linealmente independiente?
3. Sean  $X, Y$  espacios vectoriales  $A: X \rightarrow Y$  un operador lineal. Demostrar que el operador  $A$  transforma un conjunto convexo de  $D(A)$  en un conjunto convexo en el espacio  $Y$ .
4. Sean  $X, Y$  espacios vectoriales  $A: X \rightarrow Y$  un operador lineal;  $B \subset D(A)$  un conjunto convexo;  $M = \{x \in D(A): Ax \in B\}$ . ¿Será convexo el conjunto  $M$ ?
5. Sean dadas dos normas equivalentes sobre un espacio vectorial  $X$ ,  $A: X \rightarrow X$  un operador lineal. Demostrar que, en ambas normas,  $A$  será simultáneamente acotado o no acotado.
6. Demostrar que un operador que realiza:
  - a) El isomorfismo de espacios normados  $X$  e  $Y$ .
  - b) El encaje de un espacio normado  $X$  en otro normado  $Y$ , es acotado.
7. Sean  $X, Y$  espacios normados lineales;  $A: X \rightarrow Y$  un operador lineal acotado con  $D(A) = X$ . Demostrar que

$$\|A\| = \sup_{x \in X, x \neq 0} \frac{\|Ax\|}{\|x\|}$$

8. Demostrar que un operador lineal  $A: X \rightarrow Y$  con  $D(A) = X$  es acotado si, y solo si, existe  $c \in \mathbb{R}$ ,  $c > 0$ , tal que para cualquier  $x \in S_1(0) \subset X$  se cumple la desigualdad  $\|Ax\| \leq c$ . Si se cumple esta condición,

$$\|A\| = \sup_{x \in X, \|x\|=1} \|Ax\|$$

9. Demostrar que para un operador lineal acotado  $A: X \rightarrow Y$  con  $D(A) = X$  es válida la igualdad  $\|A\| = \inf c$ , donde  $c$  es un número tal que  $\|Ax\| \leq c\|x\|$  para cualquier  $x \in X$ .



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

Escuela Profesional de Matemática

## Teoría de Operadores diferenciales Lineales

### Practica dirigida 6

#### Espacio de Operadores lineales acotados

1. Demostrar que la aplicación  $\phi: \mathcal{L}(X, Y) \rightarrow \mathbb{R}, \phi(A) = \|A\|$  es continua.
2. Sean  $X, Y$  espacios de Banach,  $A_n, A \in \mathcal{L}(X, Y), (n \in \mathbb{N})$  y  $A_n \rightarrow A (n \rightarrow \infty)$  fuertemente sobre una variedad lineal siempre densa en el espacio  $X$ . ¿Se desprende de esto que  $A_n \rightarrow A (n \rightarrow \infty)$  fuertemente?
3. Sean  $H$  un espacio de Hilbert,  $A_n \in \mathcal{L}(H), (n \in \mathbb{N})$  y  $\text{Sup}_n |(A_n, x, y)| < \infty$  para cualquier  $x, y \in H$ . Demostrar que  $\text{Sup}_n \|A_n\| < \infty$
4. Sean  $X, Y$  espacios de Banach, y un conjunto  $M \in \mathcal{L}(X, Y)$  tal que  $\text{Sup}_{A \in M} \|Ax\| = \varphi(x) < \infty$  para cualquier  $x \in X$ . demostrar  $\text{Sup}_{A \in M} \|A\| < \infty$
5. Sean  $X, Y$  espacios de Banach,  $A_n \in \mathcal{L}(X, Y), (n \in \mathbb{N})$  y la sucesión  $A_n x$  sea fundamental para cualquier  $x \in X$ . Demostrar que existe un operador  $A \in \mathcal{L}(X, Y)$  tal que  $A_n \rightarrow A (n \rightarrow \infty)$  fuertemente.



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

Escuela Profesional de Matemática

## Teoría de Operadores diferenciales Lineales

### Practica dirigida 8

#### Regularidad de soluciones

1. Considerando el operador  $A: C[0; 1] \rightarrow C[0; 1]$ ,  $Ax(t) = x(t)/t$  con campo de definición  $D(A) = \{x(t) \in C[0; 1]: \lim_{t \rightarrow 0} t^{-1}x(t)\}$  Demostrar que  $A$  es un operador cerrado.
2. Considerando el operador  $A: C[0; 1] \rightarrow C[0; 1]$ ,  $Ax(t) = dx/dt$  con el campo de definición  $D(A)$  que es una variedad lineal de funciones  $x(t)$  continuamente diferenciables en  $[0; 1]$  y satisfacen las condiciones  $x(0) = x(1) = 0$ . Demostrar que  $A$  es un operador cerrado.
3. Considerando el operador  $A: C[0; 1] \rightarrow C[0; 1]$ ,  $Ax(t) = \frac{d^2x}{dt^2} + x(t)$  con el campo de definición  $D(A)$  que es una variedad lineal de funciones  $x(t)$  que son dos veces continuamente diferenciables en  $[0; 1]$  y satisfacen las condiciones  $x(0) = x'(0) = 0$ . Demostrar que  $A$  es un operador cerrado no acotado.
4. Sean  $X, Y$  espacios de Banach. Demostrar que un operador lineal acotado  $A: X \rightarrow Y$  es cerrado si y solo si,  $D(A)$  es cerrado en  $X$ .
5. Sean  $X, Y$  espacios de Banach donde  $A: X \rightarrow Y$  un operador lineal cerrado. Determine:
  - a) Si  $D(A)$  es cerrado en  $X$ .
  - b) Si  $R(A)$  es cerrado en  $Y$ .
6. Sean  $X, Y$  espacios de Banach donde  $A: X \rightarrow Y$  un operador lineal tal que  $R(A)$  es cerrado en  $Y$  y existe un  $m \in \mathbb{R}$  ( $m > 0$ ) tal que para cualquier  $x(t) \in D(A)$  se cumple la desigualdad  $\|Ax\| \geq m\|x\|$ . Demostrar que  $A$  es un operador cerrado.
7. Sean  $X, Y$  espacios de Banach siendo  $A, B: X \rightarrow Y$  operadores lineales y además sea  $A$  cerrado,  $B$  acotado y  $D(A) \subset D(B)$ . Demostrar que  $A + B$  es un operador cerrado.
8. Sean  $X, Y$  espacios de Banach donde  $A: X \rightarrow Y$  un operador lineal cerrado, y también  $R(A) = Y$  y el operador  $A^{-1}$  existe. Demostrar que  $A^{-1} \in \mathcal{L}(Y; X)$ .
9. Sean  $X, Y$  espacios de Banach donde  $A: X \rightarrow Y$  un operador lineal. Demostrar que  $A$  es un operador cerrado si, y solo si,  $D(A)$  con la norma  $\|x\|_1 = \|x\|_X + \|Ax\|_Y$  es un espacio de Banach.