

(MCD)<sup>2</sup>

## LICENCIATURA EN MODELADO MATEMÁTICO, COMPUTACIONAL Y CIENCIA DE DATOS

### Propuesta de nueva carrera en Exactas-UBA.

El siguiente documento es el fruto de más de 2 años de trabajo (aún en progreso). Estudio del estado de situación, reuniones con *matemáticos aplicados y computadores científicos*, tanto del ámbito académico como del industrial, en Argentina y en el exterior; investigación acerca de carreras similares en la región y en el mundo, y descripción y contextualización del plan propuesto.

### ESTADO DE SITUACIÓN

El plan de estudios actual de la Licenciatura en Matemática, en sus orientaciones Pura y Aplicada, data de 1982 (con sólo una leve adaptación en 1993 relacionada con la inclusión de Álgebra y Análisis en el CBC). Cabe aclarar que algunas materias han evolucionado desde aquel plan en su dinámica y enfoque, desde el tratamiento teórico, hasta la incorporación de trabajo en laboratorios. Lamentablemente estos cambios positivos en algunas materias no siempre perduran, dependen del equipo docente y del momento. La carrera de Ciencias de la Computación tiene su plan de estudios aprobado en 1993, y se encuentra en estos momentos en proceso de debate. Consideramos que existe un espacio no cubierto en temas que vinculan Matemática, Computación y Ciencia de Datos, con fuerte énfasis en el modelado y la resolución de problemas mediante este tipo de técnicas.

Los fuertes avances en los últimos 30 años en las Ciencias de la Computación, sumado a los cambios profundos que se han dado en las diversas disciplinas vinculadas con la Matemática Aplicada, como ser Estadística, Investigación Operativa, Análisis Numérico, Ecuaciones Diferenciales, Economía y Finanzas, Probabilidades, e incluso la aparición de nuevas disciplinas como la recién mencionada Ciencia de los Datos, llevan a pensar que es el momento indicado para la creación de una nueva carrera adaptada a los nuevos tiempos.

## PUNTOS SALIENTES DE LA PROPUESTA

Algunos puntos clave a la hora del armado de esta propuesta fueron:

- La nueva carrera debe ser más flexible y menos rígida que las actuales licenciaturas que ofrecen el DM y el DC. En esa dirección se busca reducir el número de materias obligatorias y ampliar el requerimiento y la oferta de materias optativas.
- La nueva carrera debe formar graduados que puedan continuar en la academia, pero que fundamentalmente se puedan insertar en el medio productivo, a través de organismos del Estado o de las diversas industrias que requieren profesionales especializados en éstas áreas. En esta dirección, consideramos por un lado la necesidad de tener materias en el plan de las actuales carreras de Matemática y Computación (e incluso de Física, Química o Biología), así como también, hacer que la mayor cantidad de materias del plan posean prácticas en laboratorios.
- La nueva carrera debe tener una sólida formación en matemática formal. Consideramos que las materias básicas de la Lic. en matemática incluidas en este plan, más la nueva materia “Análisis Avanzado” permitirán un nivel de abstracción y conceptualización similar al de a un matemático, distinguiendo al egresado respecto al de otras disciplinas.
- La nueva carrera debe tener una sólida formación en programación. La inclusión en el plan de las 3 materias obligatorias de Algoritmos y Estructuras de Datos de la carrera de Computación debería distinguir a los egresados de esta carrera de un Licenciado en matemática o física.
- La nueva carrera fomentará el estudio de asignaturas interdisciplinarias, en otros departamentos de la facultad así como en otras facultades y otras universidades. La inclusión de una materia obligatoria, con su respectivo laboratorio, de las carreras de Física, Química o Biología, pretende generar egresados con una visión amplia de las distintas disciplinas científicas y del trabajo interdisciplinario.
- La nueva carrera no compite ni con la actual Licenciatura en Matemática ni con la Licenciatura en Computación, dado que son carreras complementarias, con distintos enfoques.
- El plan propuesto prevé un título intermedio luego de los 3 primeros años (más el CBC): Bachiller Universitario.
- En el armado de la carrera se buscó maximizar los recursos disponibles y las ofertas de materias del Departamento de Matemática, Instituto de Cálculo, y los Departamentos de Computación y de Física.
- El nombre de la carrera aún está en evaluación. La sugerencia con más adeptos es la de Licenciatura en Modelado Matemático Computacional y Ciencia de Datos (MCD)<sup>2</sup>.

## PERFIL DEL EGRESADO

El egresado de la nueva carrera será capaz de:

- ↯ Insertarse en el ámbito laboral ya sea público como privado en instituciones en donde se requieren profesionales con alta formación en modelamiento matemático, computación y/o ciencias de datos (bancos, consultoras en temas de ciencia de datos, finanzas, optimización, organismos estatales, etc). Cabe destacar que típicamente se requiere de profesionales que cuenten con formación en las tres disciplinas y no existe en Argentina ninguna carrera que ofrezca dicha formación.
- ↯ Realizar trabajos de consultoría de manera independiente, en el ámbito público o privado, para instituciones que tengan problemas que requieran dichas habilidades.
- ↯ Formar recursos humanos en dichas disciplinas.
- ↯ Ejercer la docencia impartiendo conocimiento de algún grupo de herramientas de aplicaciones de la matemática en un gran número de materias para diversas carreras.
- ↯ Iniciar estudios académicos de posgrado y hacer investigación en áreas de Matemática Aplicada y Computación así como en grupos interdisciplinarios con disciplinas como Física, Química, Biología, las diversas Ingenierías, Economía, y Ciencias Sociales.

## PLAN PROPUESTO

La propuesta incluye el siguiente formato:

- ↯ CBC (1 año)
- ↯ Ciclo Común (2,5 años)
- ↯ 3 materias de introducción al Ciclo Superior (0,5 años)

En este punto la propuesta incluye un título intermedio (nombre posible, Bachiller Universitario en Modelado Matemático Computacional y Ciencia de Datos). Este título no habilita a hacer doctorados en la FCEN.

- ↯ Ciclo Superior (700 hs. de cursada, 1,5 años)
- ↯ Tesis de licenciatura (0,5 años)

Duración total de la carrera: 6 años (incluyendo el CBC)

## Ciclo Inicial

N°	Año	Asignatura	Horas Sem	Horas Total	Comentarios	Modalidad
1	1	Análisis Matemático A	9	144	CBC	T/P
2	1	Álgebra	9	144	CBC	T/P
3	1	Física	6	96	CBC	T/P
4	1	Química	6	96	CBC	T/P
5	1	Introducción al Conocimiento de la Sociedad y el Estado	4	64	CBC	T/P
6	1	Introducción al Pensamiento Científico	4	64	CBC	T/P

1	2.1	Análisis I	10	160	Materia actual. Idealmente con práctica incluyendo laboratorios.	T/P/L
2	2.1	Álgebra I	13	208	Materia actual con el Taller	T/P/L
3	2.2	Análisis II	10	160	Materia actual. Idealmente con práctica incluyendo laboratorios.	T/P/L
4	2.2	Algoritmos y Estructuras de Datos I	15	240	Materia actual dictada por el Departamento de Computación	T/P/L
5	3.1	Algoritmos y Estructuras de Datos II	15	240	Materia actual dictada por el Departamento de Computación	T/P/L
6	3.1	Álgebra Lineal Numérica	8	128	Materia nueva compuesta por: Matemática II, más un taller computacional (3 horas).	T/P/L
7	3.2	Análisis Avanzado	10	160	Materia nueva, a ser dictada por el Departamento de Matemática. Se adjunta a continuación propuesta de plan.	T/P
8	3.2	(A) Física I y Laboratorio I ó (B) Introducción a la Biología Molecular y Celular ó (C) Química General e Inorgánica I	15	240	Materias actuales de las carreras de Física/Biología/Química	T/P/L

9	4.1	Algoritmos y Estructura de Datos III	15	240	La materia actual del Departamento de Computación	T/P/L	
10	4.1	Probabilidades y Estadística	10	160	160	La materia actual del Departamento de Matemática (ya sea la de matemáticos o la de computadores) que incluya Laboratorio para introducir R	T/P/L
11	4.2	Intr. a la Investigación Operativa	8	128		Nueva Materia – Similar a la actual, ampliando el espectro de herramientas y técnicas de modelado. Sin la parte de grafos y algoritmos que se ve en Algoritmos III	T/L
12	4.2	Intr. al Modelado Continuo	8	128		Nueva Materia – Similar al espíritu de Ecuaciones Diferenciales B	T/L
13	4.2	Intr. a la Estadística y Ciencia de Datos	8	128		Nueva materia	T/L

## Materias Nuevas

El plan propuesto prevé el armado y dictado de 3 materias troncales. Para entender estas tres materias caben las siguientes aclaraciones

- Estas tres materias serán la introducción al ciclo superior y ayudarán al alumno a orientar su programa de optativas.
- En estas materias el objetivo es presentar un abanico de herramientas matemático-computacionales fundamentales para afrontar problemas. El origen de muchas de estas herramientas está asociado a materias del ciclo inicial, como Física, Análisis, Probabilidades y Estadística, Álgebra Lineal.
- Las tres grandes áreas propuestas implícitamente a partir de estas tres materias están alineadas a la composición actual de grupos de trabajo tanto del Instituto de Cálculo como de los Departamentos de Matemática y Computación. Desde ya que hay temas y herramientas que no entran en estos tres grupos, muchos de los cuales podrán ser abordados en el ciclo superior de la carrera.
- Las materias tendrán trabajos finales de laboratorio en alguna herramienta elegida y trabajada en los cursos.
- Las materias introducirán/profundizarán algún lenguaje de programación – a saber R, Matlab, Python, etc.

## **Introducción a la Estadística y Ciencia de los Datos**

Estimación. Sesgo y Error Cuadrático Medio. Métodos de Máxima Verosimilitud, Momentos y Mínimos Cuadrados. Consistencia y Distribución Asintótica. Estadística Descriptiva: medidas resumen (posición y escala), histogramas, boxplots y qq-plots. Regresión lineal simple y múltiple. Métodos de resampling: cross-validation y Bootstrap. Estimación de densidad y regresión no paramétrica. El problema del balance sesgo/varianza. Regresión lineal mediante métodos aproximados de optimización funcional usando descenso por el gradiente. Clasificación, regresión logística. Implementación y validación del modelo.

Obs: Esta materia no existe actualmente, pero el Instituto de Cálculo ha cubierto estos temas en diversos cursos. El cuerpo docente actual está capacitado para dictarla.

## **Introducción a la Investigación Operativa y la Optimización**

Conceptos básicos de Programación Lineal, Programación No Lineal y Programación Lineal Entera. Modelado de problemas reales mediante diversas técnicas de Investigación Operativa. Presentación de herramientas matemático-computacionales para su resolución. Fuerte componente en el curso de laboratorio computacional donde se resuelvan los problemas planteados.

Obs: Esta materia no existe actualmente tal como está planteada, aunque buena parte de sus contenidos están incluidos en la actual Investigación Operativa. El cuerpo docente actual del DM y del DC está capacitado para dictarla.

## **Introducción al Modelado Continuo**

Principios de modelado matemático con ecuaciones diferenciales. Unidades. Dimensiones y análisis dimensional. Adimensionalización. Métodos asintóticos. Perturbaciones regulares. Perturbaciones singulares. Capas límites. Teoría cualitativa de sistemas dinámicos. Espacio de fases. Puntos fijos, ciclos límites, estabilidad, sistemas multiescala, osciladores uniformes y de relajación. Modelado estocástico. Estudio de casos en varias disciplinas (física, química, biología, etc).

Obs: Esta materia no existe actualmente tal como está planteada, aunque se asemeja mucho al programa de lo que alguna vez fue Ecuaciones Diferenciales B. El cuerpo docente actual está capacitado para dictarla e incluso se podría al principio invitar profesores visitantes especializados en la temática de la materia.

## **Análisis avanzado**

Esta nueva materia incorpora contenidos de las materias Taller de cálculo avanzado, Cálculo avanzado y Medida y probabilidad. Permite adquirir el grado de formalización matemática necesario para esta carrera. Propuesta de plan de estudios:

1. Cardinalidad. Equivalencia de conjuntos. Conjuntos finitos, numerables y no numerables. No-numerabilidad de los números reales.

2. Espacios métricos. Noción de distancia. Propiedades topológicas. Completitud. Continuidad. Teorema del punto fijo. Compacidad.
3. Rudimentos de la teoría de espacios normados. Espacios de Banach. Aplicaciones lineales continuas. Sucesiones y series de funciones. Espacios de Hilbert.
4. Introducción a la teoría de la medida. Integral de Lebesgue en la recta. Conjuntos medibles. Teorema de convergencia monótona y mayorada. Medida abstracta.

#### Bibliografía

Kolmogorov, A.N., S.V. Fomin,. *Elementos de la teoría de funciones y del análisis funcional*. 1972.

## Ciclo Superior

En la carrera propuesta, el ciclo inicial suma la cantidad de 2928 horas para los primeros 4 años.

El Ciclo Superior será armado por el alumno con el aval de un profesor guía y la aprobación de la Comisión de la Carrera. Deberá incluir al menos 700 hs. de cursada (lo que lleva el total de la carrera a 3628 hs., sin contar la tesis de Licenciatura), contemplando no más de 8 cursos, ni menos de 5. Se fomentará fuertemente el cursado de materias basadas en otras disciplinas (Física, Química, Biología). Se fomentará que las materias electivas ofrecidas tengan laboratorio y entregas de trabajo final.

El alumno deberá tener un consejero de estudios y su plan deberá ser aprobado por dicho consejero y por la comisión de carrera (ver abajo).

Cabe destacar que la Licenciatura en matemática prevé la suma de 3296 horas entre el CBC y las 16 materias obligatorias, requiriendo además 15 puntos en materias optativas, que suman alrededor de 480 horas extras, sumando un total de 3776 horas sin contar la Tesis de Licenciatura.

## Tesis de Licenciatura

Idealmente, la Tesis licenciatura consistirá en la *Resolución de un problema real utilizando las herramientas vistas en la carrera*. El origen de este problema podría venir de diversas fuentes:

- Гх Grupos de investigación del IC, DM o DC.
- Гх Grupos de investigación otros Departamentos de FCEN
- Гх Grupos de investigación otras Facultades/Universidades
- Гх Propuestas de entes públicos (Ministerios, Secretarías, etc)
- Гх Propuestas de entidades privadas

El tiempo estipulado para la realización de la tesis es de un cuatrimestre con carga horaria similar a una materia de 10 horas.

Tanto el ciclo superior como el tema de la Tesis de licenciatura deberá ser aprobado por una Comisión de Carrera, integrada por 2 profesores del DM, 2 profesores del DC y 2 profesores del IC, 3 representantes de graduados/docentes auxiliares (uno del DM, uno del DC y uno del IC) y 3 representantes de estudiantes pertenecientes a la nueva carrera (en la etapa de transición serán estudiantes pertenecientes a las carreras de Matemática y/o Computación). Los integrantes serán propuestos por los respectivos claustros de los distintos Deptos/instituto y serán aprobados por el CD. Se renovarán cada 2 años en forma alternada de forma que se renueve por mitades.

## En discusión

Una propuesta a discutir es la creación de una materia extra *Taller de Tesis de Licenciatura* finalizando la carrera que guíe a los alumnos a plantear el trabajo final. Podría plantearse como un taller cuatrimestral, con 8 encuentros (uno cada dos semanas) de dos horas en los que se toquen temas como:

- ┐┘ Estructura de una tesis en Matemática Computacional y Ciencia de Datos
- ┐┘ Estudio de la bibliografía
- ┐┘ Manejo de datos
- ┐┘ Elección de la metodología
- ┐┘ Presentación de los temas
- ┐┘ Conclusiones Finales