PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

Escuela de Ingeniería • Facultad de Matemáticas
Pontificia Universidad Católica de Chile

**CONTEXTO**

El Instituto de Ingeniería Matemática y Computacional (IMC) es una iniciativa interdisciplinaria de la Escuela de Ingeniería y la Facultad de Matemáticas de la UC. A pesar de que el IMC se crea formalmente en Abril del 2018, mediante Decreto del Honorable Consejo Superior de la UC, el proyecto que le da forma comenzó a ser desarrollado el año 2015 por equipos académicos de ambas facultades. La creación del IMC concreta, por tanto, un largo anhelo de la Escuela de Ingeniería y la Facultad de Matemáticas, en pos de desarrollar los siguientes elementos de interés estratégico para la UC.

1. Desarrollar investigación interdisciplinaria y fundamental en las áreas de (a) cómputo científico y análisis numérico, (b) algoritmos, combinatoria, y optimización, y (c) aprendizaje estadístico y ciencia de datos.
2. Brindar educación interdisciplinaria de pregrado, postgrado y profesional, en las áreas antes mencionadas.
3. Ayudar a difundir y transferir avances en aspectos de su quehacer a la comunidad universitaria y la sociedad.

El organismo que define y supervisa la política general de actividades del Instituto es el Consejo del IMC, el que está constituído de la siguiente forma:

- Vicerrector Académico de la UC
- Decano Escuela de Ingeniería
- Decano Facultad de Matemática
- Dos académicos de planta ordinaria de cada una de las unidades anteriores, nombrados por el decano correspondiente.
- Director del IMC

Además participan en este Consejo el Secretario Académico del IMC, su Subdirector, y un representante de los académicos del Instituto, todos con derecho a voz.

El 1 de Agosto de 2019 se designa como Director del IMC al Profesor Pablo Barceló, quien viene a continuar la labor llevada a cabo en interinato por el Profesor Jorge Vera de la Escuela de Ingeniería. Una de las primeras labores que se realizó durante la dirección del Profesor Barceló, fue el diseño de un plan estratégico para el IMC que definiera una hoja de ruta para su desarrollo en los próximos 5 años. Este plan estratégico fue construido con la participación de académicos y funcionarios del IMC, con la retroalimentación constante del Consejo del Instituto.

*Imagen: Discurso inaugural del Rector de la UC para el IMC.*

**ESTRATEGIA 2020-2025**

El plan estratégico del IMC se compone de tres partes. Primeramente se presenta la misión y visión del Instituto. A continuación el eje estratégico principal del plan. Finalmente se presentan los tres pilares de desarrollo en los que se sustenta este eje.

**Visión**

Destacar en Chile y la región como centro líder en la investigación de problemas en la frontera del conocimiento, integrando de manera vanguardista la matemática y ciencia de la computación, con un enfoque interdisciplinario que distingue nuestra formación de capital avanzado y nuestra vinculación con la sociedad, el sector público y privado del país.

**Misión**

El Instituto de Ingeniería Matemática y Computacional IMC UC tiene como misión desarrollar investigación interdisciplinaria de vanguardia en matemática aplicada y teoría de la computación, así como la generación de capacidades para hacer frente a los desafíos actuales en el área. Para ello, estimula la formación de capital humano avanzado de excelencia que se distingue por su autonomía para la creación y gestión del conocimiento, y su versatilidad para hacer frente a requerimientos emergentes en distintos escenarios. Igualmente buscamos nuevas formas de vincularnos con la sociedad a través de la

convergencia entre distintas áreas científicas y el sector público y privado, que permita atacar eficientemente problemas de interés transversal.

Esta misión impregna su investigación, sus programas de pregrado y postgrado, las redes de colaboración que establece con otras áreas académicas, la cooperación con el sector público y privado, y sus acciones de difusión y de transferencia de conocimiento a la sociedad. Con esto buscamos contribuir a que Chile se sitúe en línea con los avances globales en el área de competencia del IMC UC.

*Imagen: Miembros del IMC durante jornada de planificación estratégica el 2019.*

**Eje Estratégico: Matemática Aplicada para Desafíos Actuales y Emergentes**

La Ingeniería Matemática y Computacional ha sido la base sobre la que nuestra sociedad ha cimentado muchos de sus avances científicos y tecnológicos con miras a la resolución de problemas altamente complejos. Hoy en día enfrentamos como sociedad una gran cantidad de nuevos desafíos, los que están a la espera de avances para los cuales las herramientas de la Ingeniería Matemática y Computacional seguirán siendo fundamentales.

En este escenario, el Instituto de Ingeniería Matemática y Computacional UC (IMC UC) -con base en la plataforma de excelencia de la U. Católica- surge como actor con potencial único para situarse en la primera línea de la búsqueda y generación de soluciones a estos problemas. Las capacidades del IMC UC

le permiten utilizar el poder de los métodos matemáticos y computacionales para establecer puentes entre distintas disciplinas y crear métodos más robustos para atacar problemas de alta complejidad como a los que hoy nos vemos enfrentados.

Algunos de los desafíos que como IMC UC nos hemos propuesto enfrentar en la búsqueda de soluciones novedosas a los problemas antes mencionados son los siguientes:

1. Desarrollo de métodos más eficientes para el manejo y análisis de datos en distintos ámbitos y bajo distintos requerimientos, con particular énfasis en temas relacionados con transparencia, imparcialidad, y privacidad.
2. Diseño de herramientas de aprendizaje estadístico que contribuyan a la solución de importantes tareas mediante métodos automáticos, pero que a la vez provean más y mejores formas de explicar y justificar las decisiones tomadas por sus algoritmos.
3. Desarrollo de métodos de modelación matemática y simulación computacional robustos, que permitan resolver problemas demandantes y de gran escala provenientes de la industria u otras disciplinas científicas.
4. Diseño de técnicas de optimización y control de vanguardia que ayuden a tomar decisiones eficaces en escenarios complejos, y que puedan ser eficientemente implementadas para resolver problemas del mundo real.

Para hacer realidad esta visión, trabajaremos en sinergia con la riqueza del ecosistema de la UC en tres pilares de desarrollo:

1. Formación de los líderes académicos y de la industria que la sociedad requerirá mañana.
2. Investigación de vanguardia para el desarrollo de soluciones innovadoras a problemas del mundo real.
3. Posicionamiento del IMC como nodo asociativo para la academia, el mundo público y privado.

El trabajo coordinado en estos tres pilares nos permitirá -en el mediano plazo- ser referentes en el desarrollo de métodos matemáticos y computacionales avanzados que generen convergencia entre distintas áreas científicas y permitan atacar eficientemente problemas aplicados. Para esto, buscaremos activamente colaborar con aquellos que asuman con nosotros el desafío de trabajar con diferentes actores del mundo científico-académico, la industria, y el sector privado y público, en beneficio de la sociedad. Esperamos, además, que esto ayude a consolidar al IMC UC como un lugar sumamente atractivo para aquellos estudiantes talentosos que buscan comprometerse profundamente con su formación en las distintas áreas de la matemática y la computación, y -a la vez- desarrollar la capacidad de investigación, autoaprendizaje y habilidades para trabajar en equipos interdisciplinarios.

La flexibilidad para evolucionar de acuerdo con los tiempos, sin temor al cambio, será uno de los elementos que buscaremos se encuentre en la base de lo que llamaremos Valores Organizacionales IMC UC: una aproximación positiva a los cambios; reconocimiento justo del valor del trabajo; relaciones entre académicos, estudiantes y funcionarios basadas en el respeto y apoyo mutuo; una conducta responsable con nuestro medioambiente; y un ambiente que acoja e invite al diálogo.

**Pilares de Desarrollo**

***Formando hoy a los líderes académicos y de la industria que la sociedad requerirá mañana***

En el IMC formaremos ingenieros con sólidas bases en las áreas fundamentales de la matemática aplicada, además de avanzadas herramientas computacionales. Esperamos tener alumnos que destaquen por su alto nivel de pensamiento crítico, la rigurosidad en su forma de abordar los problemas, su compromiso con la actualización constante de sus conocimientos técnicos, y la capacidad e interés por hacer frente a necesidades desafiantes provenientes del mundo real cuyas soluciones generen valor a través de la innovación. Como ingenieros UC, nuestros estudiantes estarán, además, altamente capacitados en habilidades que les permitan no sólo comunicarse en distintos contextos, sino también colaborar y liderar eficientemente en equipos interdisciplinarios.

Para garantizar que estas acciones generen una forma de pensamiento innovadora y que el conocimiento fluya de manera natural y sinérgica, construiremos una comunidad que integre de forma cercana a sus estudiantes con miras a propiciar espacios de discusión, el aprendizaje colaborativo y proactivo, y el respeto por las distintas capacidades e intereses.

***Investigación de vanguardia para el desarrollo de soluciones innovadoras a problemas del mundo real***

Nuestro objetivo primordial es el desarrollo de métodos matemáticos y computacionales que ayuden en la búsqueda de soluciones innovadoras a problemas aplicados complejos, entreguen miradas esclarecedoras sobre las estructuras subyacentes a tales problemas, permitan establecer vínculos entre distintas miradas disciplinarias, y nos entreguen indicios sobre los desafíos que enfrentaremos a futuro y las técnicas que podremos utilizar para atacarlos. Seremos proactivos en la construcción de puentes con otras áreas del conocimiento que nos permitan identificar problemas de interés transversal y adquirir el conocimiento especializado de dominio que nos capacite para aplicar más efectivamente en ellos nuestros métodos y herramientas.

La investigación realizada en el IMC UC deberá permear a todos los otros ámbitos de desarrollo del instituto, muy particularmente la formación de capital humano avanzado a través de la inmersión temprana en cursos y proyectos de investigación en los que se aprendan de forma integral métodos avanzados en distintas áreas de la Ingeniería Matemática y Computacional.

*Imagen: Varios académicos del IMC en jornada de investigación.*

***Nodo asociativo para la academia, el mundo público y privado***

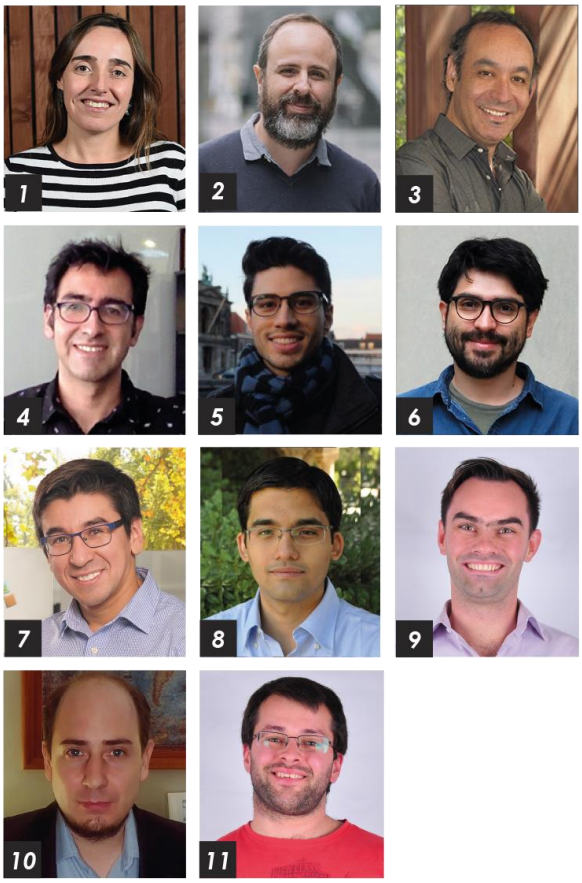
Los problemas más apremiantes que enfrenta nuestra sociedad requieren nuevos enfoques, que integren diversas disciplinas para abordarlos a cabalidad. El IMC UC cree firmemente que los métodos matemáticos y computacionales son esenciales como eje unificador de conocimientos y capacidades, haciendo converger la visión de distintas disciplinas sobre problemas complejos, creando así soluciones novedosas que se caractericen por su eficacia y aplicabilidad.

Conscientes de lo anterior, el compromiso del IMC UC será identificar y construir nuevas formas de relacionar a la academia con la sociedad, permitiendo así identificar problemas relevantes y desafiantes. Aprovechando la diversidad de miradas de nuestros académicos e investigadores, buscaremos convertirnos en un espacio en el que convergen actores del mundo público, privado y académico, conscientes del valor que tiene construir soluciones a problemas complejos para las necesidades de nuestro país, manteniendo una perspectiva global. Esta interacción será enriquecida al sumar a este ecosistema a las generaciones de nuevos graduados que tengan interés en aplicar sus conocimientos desde perspectivas no convencionales.

Para lograr estos objetivos, nos basaremos en las ventajas que presenta el IMC UC. Una de ellas es la amplia gama de métodos matemáticos y computacionales que estudian sus investigadores y que se enseñan en sus programas académicos. Estos incluyen los métodos más tradicionalmente utilizados en la matemática aplicada, como el análisis numérico, las ecuaciones diferenciales, la probabilidad aplicada, y los sistemas dinámicos, fundamentales para implementar modelos físicos de forma realista. Además, investigamos y enseñamos métodos algorítmicos, estadísticos y computacionales que permiten atacar de forma más eficiente los problemas de gran escala, en particular, aquellos referidos a la manipulación y análisis de datos, que se presentan hoy en día en múltiples aplicaciones científicas, tecnológicas, y sociales.

**PLANTA ACADÉMICA Y ADMINISTRATIVA**

El IMC cuenta hoy con 11 académicos con dedicación exclusiva, 2 de ellos provenientes de la Planta Especial. Esta planta ha evidenciado un crecimiento de cinco académicos tan solo en el último año, y se espera que crezca en al menos cuatro académicos más en los próximos cuatro años. Al IMC se han adscrito, además, 6 académicos en modalidad de vacante compartida: Tres provenientes de la Escuela de Ingeniería y dos de la Facultad de Matemática.




**Académicos con Dedicación Exclusiva al IMC**

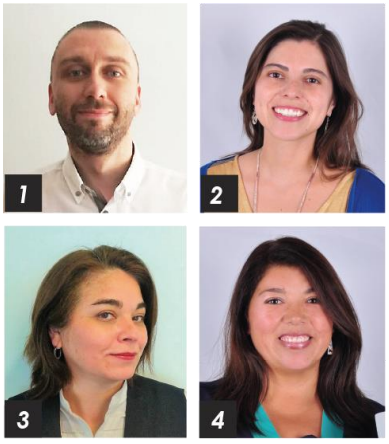
1. Paula Aguirre. Doctora en Astrofísica, Pontificia Universidad Católica (2012). Profesora Asistente, Planta Especial. Especialidad: Riesgo y resiliencia en sistemas complejos y redes, análisis de datos geoespaciales, percepción remota.
2. Pablo Barceló. Doctor en Ciencia de la Computación, University of Toronto (Canadá, 2002). Profesor Titular. Especialidad: Teoría de bases de datos, Lógica para ciencia de la computación, Teoría de autómatas.
3. Alejandro Cataldo. Doctor en Ciencias de la Ingeniería, Pontificia Universidad Católica (2018). Profesor Asistente, Planta Especial. Especialidad: Investigación y Gestión de Operaciones, Programación Dinámica y Modelos de Decisión Markovianos.
4. Eduardo Cerpa. PhD in Mathematics, Université Paris-Sud (Francia, 2008). Profesor Asociado. Especialidad: Control automático, Teoría de control, Ecuaciones diferenciales parciales.
5. Cristóbal Guzmán. Ph.D. in Algorithms, Combinatorics & Optimization, Georgia Institute of Technology (EE.UU, 2015). Profesor Asistente. Especialidad: Complejidad de métodos iterativos, Equilibrio en redes de transporte/telecomunicaciones, Optimización convexa de gran escala.
6. Carlos Pérez. Ph.D. in applied and Computational Mathematics, California Institute of Technology (EE.UU, 2016). Profesor Asistente. Especialidad: Fenómenos de ondas, Ecuaciones integrales, Análisis numérico.
7. Manuel Sánchez. Ph.D. Applied Mathematics, Brown University (EE.UU, 2016). Profesor Asistente. Especialidad: Análisis numérico, Ecuaciones diferenciales parciales, Computación científica

8. Carlos Sing-Long. Ph.D. in Computational and Mathematical Engineering, Stanford University (EE.UU, 2016). Profesor Asistente. Especialidad: Problemas inversos, Computación científica y de alto rendimiento, Cuantificación de incertidumbre, Ciencia de datos.
9. Elwin van ’t Wout. Ph.D. Applied Mathematics, Delft University of Technology (Países Bajos, 2013). Profesor Asistente. Especialidad: Computación de alto rendimiento, Propagación de ondas, Electromagnetismo, Acústica.
10. José Verschae. PhD in Mathematics, Technical University of Berlin, Germany (2012). Profesor Asociado. Especialidad: Optimización combinatorial, Algoritmos en línea y de aproximación, Teoría de planificación, Diseño de redes
11. Domagoj Vrgoc. PhD, The University of Edinburgh (2014). Profesor Asistente. Especialidad: Bases de datos, Web semántica, Teoría de la computación, Criptomonedas.

## Vacantes Compartidas

12. Marcelo Arenas. Profesor Titular, Departamento de Ciencia de la Computación, Escuela de Ingeniería. Especialidad: Bases de datos, Web semántica, Algoritmos de aproximación, Representación del conocimiento.
13. Duvan Henao. Profesor Asociado. Departamento de Matemática. Facultad de Matemáticas. Especialidad: Problemas en el cálculo de variaciones con minimizadores singulares, tales como: cavitación en elasticidad no lineal, abordaje de fractura de discontinuidad libre, defectos en cristales líquidos y desprendimiento de geles.
14. Mircea Petrache. Profesor Asistente, Departamento de Matemática, Facultad de Matemática. Especialidad: Cristalización, Cálculo de variaciones, Geometría métrica, Transporte óptimo, Ecuaciones diferenciales parciales, Análisis geométrico, Teoría geométrica de la medida.
15. Fernando Quintana. Profesor Titular, Departamento de Estadística, Facultad de Matemática. Especialidad: Métodos Bayesianos no paramétricos, Modelos de particiones aleatorias.
16. Juan Reutter. Profesor Asociado, Departamento de Ciencia de la Computación, Escuela de Ingeniería. Especialidad: Bases de datos, Web semántica.
17. Cristián Riveros. Profesor Asistente, Departamento de Ciencia de la Computación, Escuela de Ingeniería. Especialidad: Bases de datos, Algoritmos de aproximación, Teoría de autómata, Lógica para ciencia de la computación.

## Profesionales y administrativos IMC




1. Cristián Paris. Subdirector
2. Natalia Ahumada. Coordinadora Académica y de Comunicaciones.
3. Erika Castro. Secretaria.
4. Graciela Briones. Auxiliar de Servicio.

## INVESTIGACIÓN

### Áreas de Investigación

***Cómputo Científico y Análisis Numérico***. Esta área de investigación en matemática aplicada incluye el desarrollo de métodos numéricos y algoritmos para el cómputo científico, pudiendo abarcar un amplio espectro de campos de aplicación que van desde la ingeniería y tecnología, hasta las ciencias físicas, naturales y sociales, siendo por ello una línea inherentemente interdisciplinaria. Dos aspectos fundamentales que la componen son, por un lado, el análisis numérico, que se preocupa del estudio de las propiedades esenciales que garantizan la aplicabilidad de los métodos numéricos, como la estabilidad, convergencia, existencia y unicidad de soluciones, y la complejidad computacional; y -por otro lado- el desarrollo de software y herramientas para la computación de alto rendimiento. Los estudios en esta área buscan predecir a través de simulaciones numéricas de modelos matemáticos continuos, fenómenos complejos asociados a problemas reales.

***Algoritmos, Combinatoria, y Optimización***. Esta es un área interdisciplinaria que combina el diseño y análisis de algoritmos, técnicas de matemáticas discretas, y herramientas de optimización. El interés en esta área nace de problemas de optimización y modelamiento, mayormente provenientes de Investigación Operativa y Ciencias de la Computación, y de la necesidad del desarrollo algorítmico para su solución computacional. Para ello se requiere un manejo profundo de herramientas de la teoría fundamental de optimización (como dualidad y análisis convexo), de la combinatoria (teoría de grafos y geometría discreta), de la complejidad computacional, entre otras. Estas herramientas resultan esenciales para el diseño, análisis e implementación de algoritmos eficientes para distintas estructuras de problemas, incluyendo problemas continuos, discretos, y de alta dimensión. Finalmente, se busca utilizar y aplicar herramientas del área en problemas de distintas disciplinas y evaluar los resultados.

***Aprendizaje Estadístico y Ciencias de Datos***. Las ciencias de datos y el aprendizaje estadístico han tenido un gran desarrollo recientemente dada la enorme disponibilidad de datos y el constante incremento de la capacidad computacional. El área tiene como objetivo el proceso de datos con miras a la extracción de conocimiento e información utilizable. Para ello se utilizan modelos matemáticos y estadísticos para el diseño de algoritmos de distinta índole, incluyendo algoritmos de aprendizaje, clasificación, y predicción, entre otros. Los investigadores que trabajen en esta área necesitan comprender todo el ciclo de vida útil de los datos. En particular, son capaces de enfrentar la problemática de los datos desde su recopilación, almacenamiento y manejo, hasta la comprensión de los fundamentos teóricos que justifican el uso de algoritmos para el análisis de datos, y sus particularidades en el caso de grandes volúmenes de información.

### Publicaciones

*2020*


- P Barceló, D Figueira, G Gottlob, A Pieris. Semantic Optimization of Conjunctive Queries. Journal of the ACM.
- P Barcelo, V Dalmau, C Feier, C Lutz, A Pieris. The Limits of Efficiency for Open-and Closed-World Query Evaluation Under Guarded TGDs. PODS 2020.

- M Arenas, P Barceló, M Monet. Counting Problems over Incomplete Databases. PODS 2020.
- P Barceló, EV Kostylev, M Monet, J Pérez, J Reutter, JP Silva. The logical expressiveness of graph neural networks. ICLR 2020.
- P. Barceló, M. Monet, J. Pérez, B. Subercaseux. Model Interpretability through the lens of Computational Complexity. NEURIPS 2020.
- Pablo Barceló, Nelson Higuera, Jorge Pérez, Bernardo Subercaseaux. On the Expressiveness of LARA: A Unified Language for Linear and Relational Algebra. ICDT 2020.
- J Diakonikolas, C Guzmán. Lower Bounds for Parallel and Randomized Convex Optimization. Journal of Machine Learning Research 21 (5), 1-31 (full version from COLT)
- R Bassily, V Feldman, C Guzmán, K Talwar. Stability of Stochastic Gradient Descent on Nonsmooth Convex Losses. NEURIPS 2020.
- V Feldman, C Guzmán, S Vempala. Statistical Query Algorithms for Stochastic Convex Optimization. Accepted for publication at Math of OR (full version from SODA).
- Olivier Jaubert, Cristobal Arrieta, Gastão Cruz, Aurélien Bustin, Torben Schneider, Georgios Georgiopoulos, Pier-Giorgio Masci, Carlos Sing-Long, Rene M Botnar, Claudia Prieto. Multi-parametric liver tissue characterization using MR fingerprinting: Simultaneous $T_1$, $T_2$, , and fat fraction mapping. Magnetic Resonance in Medicine.
- Q Yang, CA Sing-Long, EJ Reed. Rapid data-driven model reduction of nonlinear dynamical systems including chemical reaction networks using $\ell^1$-regularization. Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science 30 (5), 053122
- C Pérez,, C Turc, LM Faria, C Sideris. Planewave density interpolation methods for the EFIE on simple and composite surfaces. IEEE Transactions on Antennas and Propagation.
- DP Nicholls, C Pérez, C Turc. Sweeping preconditioners for the iterative solution of quasiperiodic Helmholtz transmission problems in layered media. Journal of Scientific Computing 82 (2), 44.
- M Arenas, J Reutter, E Toussaint, M Ugarte, F Vial, D Vrgoč. Cryptocurrency Mining Games with Economic Discount and Decreasing Rewards. STACS 2020.
- F Florenzano, C Riveros, M Ugarte, S Vansummeren, D Vrgoč. Efficient Enumeration Algorithms for Regular Document Spanners. ACM Transactions on Database Systems (TODS) 45 (1), 1-42.
- P Bourhis, JL Reutter, D Vrgoč. JSON: Data model and query languages. Information Systems 89, 101478.
- E van ‘t Wout, C Pieringer, D Torres Irribarra, K Asahi, P Larroulet. Machine learning for policing: a case study on arrests in Chile. Policing and Society, 1-15
- SR Haqshenas, P Gélat, E van’t Wout, T Betcke, N Saffari. A fast full-wave solver for calculating ultrasound propagation in the body. Ultrasonics, 106240
- Andresen M, Born P, Kattan E, Vera M, Cataldo A, Ruiz C, Bravo S. Expanding ICU facilities in a pandemic scenario. Revista Médica de Chile, Vol 148. Pag 674-683
- Fielbaum A, Morales I, Verschae J. A Water-Filling Primal-Dual Algorithm for Approximating Non-Linear Covering Problems. ICALP 2020.
- Gálvez W, Soto J, Verschae J, Symmetry Exploitation for Online Machine Covering with Bounded Migration. ACM Transactions on Algorithms, Vol 16: Art 43.

*2019*

- I Labarca, LM Faria, C Pérez. Convolution quadrature methods for time-domain scattering from unbounded penetrable interfaces. Proceedings of the Royal Society A 475 (2227), 20190029.
- C Pérez, C Turc, L Faria. Planewave density interpolation methods for 3D Helmholtz boundary integral equations. SIAM Journal on Scientific Computing 41 (4), A2065-A2087
- C Pérez, S Shipman, C Turc, S Venakides. Domain decomposition for quasi-periodic scattering by layered media via robust boundary-integral equations at all frequencies. Communications in Computational Physics 26 (1), 265-310.
- C Pérez, LM Faria, C Turc. Harmonic density interpolation methods for high-order evaluation of Laplace layer potentials in 2D and 3D. Journal of Computational Physics 376, 411-434.
- M Ainsworth, S Jiang, MA Sanchéz. An O (p3) hp-version FEM in two dimensions: Preconditioning and post-processing. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering 350, 766-802.
- C Arrieta, CA Sing-Long. Extensions of Real Atomic Gauges for Complex Signal Recovery. IEEE Access 7, 185273-185289
- P Irarrazaval, AD Firoozabadi, S Uribe, C Tejos, C Sing-Long. Noise estimation for the velocity in MRI phase-contrast. Magnetic resonance imaging 63, 250-257.
- Q Yang, E Chen, V Dufour-Decieux, C Sing-Long, R Freitas, E Reed. Transferable kinetic Monte Carlo models of condensed phase high temperature chemistry learned from molecular dynamics data. Bulletin of the American Physical Society 64.
- E Chen, Q Yang, V Dufour-Décieux, CA Sing-Long, R Freitas, EJ Reed. Transferable Kinetic Monte Carlo Models with Thousands of Reactions Learned from Molecular Dynamics Simulations. The Journal of Physical Chemistry A 123 (9), 1874-1881
- VJ Parot, C Sing-Long, Y Adam, UL Böhm, LZ Fan, SL Farhi, AE Cohen. Compressed hadamard microscopy for high-speed optically sectioned neuronal activity recordings. Journal of Physics D: Applied Physics 52 (14), 144001.

**Proyectos de Investigación**

*Iniciativa Milenio*

- Instituto Milenio de Fundamentos de los Datos (IMFD). Extensión: 2018-2028. Investigadores: Pablo Barceló (Director Alterno), Domagoj Vrgoc (Investigador Asociado).
- Núcleo Milenio de Control Aplicado y Problemas Inversos. Extensión 2021-2024. Investigador: Eduardo Cerpa (Director)
- Núcleo Milenio Descubrimiento de Estructuras en Datos Complejos (MIDAS). Extensión 2018-2021. Investigadores: Carlos Sing-Long (Investigador Asociado), Cristóbal Guzmán (Investigador Joven).

- Núcleo Milenio en Resonancia Magnética Cardiovascular (CardioMR). Extensión 2018-2021. Investigador: Carlos Sing-Long (Investigador Asociado).

*Fondecyt*

- Fondecyt Regular “The expressive power of modern neural network architectures”. Extensión: 2019-2022. Investigador: Pablo Barceló (Investigador Responsable).
- Fondecyt Regular: “Integration of Remote Sensing and Direct Data for Multi-Scale, Dynamic Mapping of Urban Exposure to Earthquake, Mudflow and Fire Hazards”. 2019-2022: Investigador: Paula Aguirre (Investigador Responsable).
- Fondecyt Regular “Control of infinite-dimensional coupled systems”. Extensión: 2018-2022. Investigador: Eduardo Cerpa (Investigador Responsable).
- Fondecyt Iniciación “New discontinuous Galerkin Methods for nonlinear hyperbolic conservation laws”. Extension: 2019-2021. Investigador: Manuel A. Sanchez (Investigador responsable).
- Fondecyt Iniciación: “Markov decision process to Design Public Policies in a Public Health Network”. Extensión: 2019-2021. Investigador: Alejandro Cataldo (Investigador Responsable).
- Fondecyt Iniciación "Fast and efficient method of moments for electromagnetic wave propagation and scattering in the presence of unbounded material interfaces". Extensión: 2018-2021. Investigador: Carlos Pérez Arancibia (Investigador Responsable).
- Fondecyt Regular "Approximation algorithms for highly symmetric combinatorial problems". Extensión: 2018-2021. Investigador: José Verschae (Investigador Responsable).
- Fondecyt Iniciación "Metadata languages for CSV files". Extensión: 2017-2019. Domagoj Vrgoc (Investigador Responsable).
- Fondecyt Iniciación "High-performance computing of electromagnetic scattering at heterogeneous objects." Extensión: 2016-2019. Investigador: Elwin van 't Wout (Investigador Responsable).
- Fondecyt Iniciación "Use of Domain Information on Image Reconstruction Procedures with Applications to Undersampled Magnetic Resonance Imaging". Extensión: 2016-2019. Investigador: Carlos Sing-Long (Investigador Responsable)
- Fondecyt Iniciación "Expanding the Scope of First-Order Methods in Optimization, Learning and Beyond." Extensión: 2016-1018. Investigador: Cristóbal Guzmán (Investigador Responsable).

*Proyectos UC*

- Seed Fund Ingeniería UC, "GPU computing for astro-engineering." Extensión: 2019-2020. Investigador: Elwin van 't Wout (Investigador Responsable).
- Seed Fund. Ingeniería UC, “Representation Learning and Optimization over Complex Domains, with Applications to Medical Imaging.” Extensión: 2019-2020. Investigadores: Cristóbal Guzmán (IR) y Carlos Sing-Long (Inv Asociado).

- Capital Semilla para Doctorado de Ingeniería y Tecnología 2020, N° 10D81 2030, Escuela de Ingeniería, “Sistema de programación de sesiones de quimioterapia en la red de salud pública”. Extensión 1 año. Investigador Responsable: Alejandro Cataldo

*Otros proyectos*

- INRIA Associate Teams “First-Order Accelerated Methods in Optimization and Machine Learning (FOAM)”. Extensión: 2020-2022. Investigadores: Cristóbal Guzmán (co-PI con Alexandre d'Aspremont, INRIA), Carlos Sing-Long (Asociado).
- PCI - REDES - 180090 entre el Centro de Imágenes Biomédicas y King's College London. Investigador: Carlos Sing-Long.

**Consejos Editoriales**

*Revistas*

- Pablo Barceló, Editor Asociado en Logical Methods in Computer Science, 2014-2020.
- Eduardo Cerpa, Editor Asociado en SIAM Journal on Control and Optimization, 2020.

*Conferencias*

- Pablo Barceló. Chair del comité de programa de International Conference on Database Theory, ICDT’19.

*Imagen: Profesor Pablo Barceló durante la charla inaugural de ICDT'19 como chair del comité de programa.*

**FORMACIÓN**

## Pregrado

Hasta la fecha, el IMC desarrolla su labor de formación a través de programas a nivel de Pregrado y de Títulos Profesionales, a través de la Escuela de Ingeniería UC. En particular, el IMC tiene a su cargo la administración de programas de estudio como el Major interdisciplinario de Ingeniería Matemática[1], sus tracks, minor de profundidad[2], además de minors de amplitud[3] y títulos profesionales de "Ingeniero Civil Matemático y Computacional" y de "Ingeniero Civil de Industrias, Diploma en Ingeniería Matemática"[4], correspondientes al currículo 2013 de Ingeniería, programas perteneciente a la Escuela de Ingeniería a cargo del IMC.

---

[1] Major de Ingeniería Matemática: https://www.ing.uc.cl/programas-de-estudio/plan-estudios/cuales-los-majors-los-minors-ingenieria-uc/major-ingenieria-matematica

[2] Minor de profundidad en Ingeniería Matemática: https://www.ing.uc.cl/programas-de-estudio/plan-estudios/cuales-los-majors-los-minors-ingenieria-uc/minor-teoria-aplicaciones-ingenieria-matematica/

[3] Minors de amplitud: http://imc.uc.cl/index.php/estudiantes/estudiantes-de-pregrado/minors-de-amplitud

[4] Títulos profesionales: http://imc.uc.cl/index.php/estudiantes/titulos-profesionales

El IMC, a través de su Área de Docencia coordinada por Natalia Ahumada, se encarga del correcto funcionamiento de los planes de estudio vigentes que administra, con apoyo del Comité Curricular IMC, en constante coordinación con las facultades fundantes. Además, entrega soporte a sus estudiantes y académicos en los distintos procesos docentes y se encarga del desarrollo de actividades académicas (seminarios, talleres, simposios, etc.), con el objetivo de informar y difundir los planes de estudio del IMC, sus áreas de investigación y aplicación, y de mantener una comunidad IMC.

Los integrantes del Comité Curricular a la fecha son:

- José Verschae, Jefe Curricular IMC
- Cristián Riveros, Profesor Escuela de Ingeniería
- Mircea Petrache, Profesor Facultad de Matemáticas
- Natalia Ahumada, Coordinadora Académica IMC
- Kárim Paul Paul, Coordinadora de Major Dirección de Pregrado Ing-UC
- Martín Guerra, Representante Estudiantes (Especialidad)
- Benjamín Domb, Representante Estudiantes (Major)

*Título de Ingeniería Civil Matemática y Computacional*

El programa de Ingeniería Civil Matemática y Computacional busca formar profesionales con base sólida en conocimientos científicos, teniendo la capacidad de aplicarlos tanto en modelos preestablecidos como en el desarrollo de nuevos modelos, buscando siempre soluciones innovadoras que se adapten a problemas específicos. En este sentido, el trabajo del ingeniero puede considerarse un elemento esencial para el progreso permanente de la sociedad en sus diversos campos de especialidad, aportando a la toma de decisiones y a la resolución de diversos desafíos en el ámbito técnico, científico y de la gestión. El ingeniero logra esto gracias a una visión integral, que busca el equilibrio entre eficiencia y desarrollo sustentable. La formación profesional del Ingeniero Civil Matemático y Computacional está orientada a entregar herramientas sustanciales, teóricas y prácticas, que le permitan desarrollar capacidades y habilidades en forma completa, sistemática e integral, capaz de trabajar en equipos interdisciplinarios.

Este programa se comenzó a dictar a partir del año 2018. El año 2019 egresaron los 3 primeros estudiantes. A pesar de lo reciente del programa, este ha tenido una excelente aceptación con 24 estudiantes actualmente inscritos, un número similar a programas con más trayectoria como el Título de Ingeniero Civil en Industrias, Diploma en Ingeniería Matemática.

*Título de Ingeniero Civil en Industrias, Diploma en Ingeniería Matemática*

El título de Ingeniero Civil en Industrias, Diploma en Ingeniería Matemática, desarrolla en sus egresados la capacidad de comprender los principios y patrones matemáticos que gobiernan el problema analizado, identificando elementos comunes a problemas de distinta naturaleza. Asimismo, los egresados que

obtienen este Diploma son capaces de abordar y solucionar problemas de alta complejidad mediante raciocinio matemático, cumpliendo con las restricciones técnicas y éticas del contexto.

Este programa ha graduado a 117 estudiantes desde su creación. El año 2019 graduó a 12 estudiantes, y cuenta con 28 estudiantes vigentes.

*Major en Ingeniería Matemática*

El Major en Ingeniería Matemática cumple un rol formativo clave para los estudiantes de la especialidad, les entrega una sólida base técnica, tanto desde un punto de vista matemático como computacional. En particular desarrolla la capacidad de solucionar problemas complejos mediante el uso de matemáticas de alto nivel. Todo esto con un foco en desarrollar competencias de carácter interdisciplinario, permitiendo a sus graduados interactuar con múltiples especialistas para desempeñarse en diversos proyectos de Ingeniería y Ciencias. Así, se busca abordar y solucionar problemas de alta complejidad a través de la formulación y aplicación de modelos matemáticos.

Para las admisiones 2013-2016, 39 estudiantes se han licenciado siguiendo este major. Actualmente, el major cuenta con un total de 90 estudiantes vigentes, 32 de los cuales corresponden a estudiantes de la admisión 2019 y otros 32 han optado por el *Minor de Profundidad en Teoría y Aplicación en Ingeniería Matemática*, orientado a estudiantes del Major en Ingeniería Matemática que deseen profundizar sus conocimientos. El número de licenciados anual ha visto un aumento importante en los últimos años, como se observa en la siguiente figura.

*Minors de Amplitud*

El Instituto de Ingeniería Matemática y Computacional tiene dos Minors de Amplitud, diseñados para estudiantes de otras especialidades, para que puedan desarrollar habilidades y obtengan conocimientos dentro de una disciplina distinta a la(s) de su Major. Actualmente el Minor de Amplitud en Matemáticas Aplicadas cuenta con 20 estudiantes vigentes y el Minor de Amplitud en Ingeniería Matemática con 18 estudiantes.

*Articulaciones*

Dada la fuerte orientación del Título de Ingeniero Civil Matemático y Computacional en matemáticas aplicadas, este es una salida profesional de gran potencial para estudiantes de la Licenciatura en Matemáticas (LM) que tengan interés en las aplicaciones y técnicas computacionales. A partir del año 2019 se comenzó a implementar dicha articulación, recibiendo sus primeros 2 estudiantes. Adicionalmente, se está trabajando en la articulación de la Licenciatura de Ciencia de Datos al Título de Ingeniero Civil Matemático (y al Título de Ingeniero Civil en Computación).

*Capítulo Estudiantil del SIAM-PUC*

Los capítulos estudiantiles se conforman por estudiantes de Ingeniería de la UC, apoyados por una institución internacional y un departamento o instituto de la Universidad, con el fin de promover y desarrollar un área de interés académico.

El Capítulo Estudiantil del SIAM (Society for Industrial and Applied Mathematics) es el primero en toda Latinoamérica. Se inicia formalmente el año 2013, y está bajo el alero del Instituto de Ingeniería Matemática y Computacional. Es pionero en el desarrollo de la investigación en pregrado en matemáticas aplicadas, además de contar 84 estudiantes inscritos, la mayor cantidad de inscritos en Latinoamérica.

Este capítulo se preocupa de fomentar y complementar el interés de los estudiantes del IMC en diversas formas. Esto se hace a través de coloquios, seminarios y pequeños cursos de estudiantes para estudiantes para compartir y aprender sobre diversos temas del área.

La directiva actual del Capítulo Estudiantil del SIAM del IMC es la siguiente:

- Presidente: Martín Guerra
- Vicepresidente: Ignacio Contreras
- Tesorero: Nicolás Ulloa
- Coordinador: Joaquín Valenzuela
- Secretario: Felipe Castillo

*Imagen: Profesor Carlos Sing-Long presentando sobre Ingeniería Matemática y Computacional a alumnos de colegios.*

*Imagen: Profesora Clementine Béchet junto a equipo de ayudantes del IMC.*

*Imagen: Actividad de titulación de egresados 2019 en la que participaron varios académicos del IMC.*

**Postgrado**

El IMC aún no cuenta con sus propios programas de postgrado, pero se halla construyendo una propuesta para contar con su propio programa de magíster en el corto plazo. A pesar de esto, varios académicos con dedicación exclusiva al IMC participan ya en claustros de postgrado de diversas unidades como se detalla a continuación.

- Claustro de Magíster y Doctorado de la Facultad de Matemática: Pablo Barceló, Eduardo Cerpa, Cristóbal Guzmán, Carlos Pérez, Manuel Sánchez, José Verschae.
- Claustro de Magíster en Ciencia de la Computación: Pablo Barceló, Domagoj Vrgoc, Elwin van ’t Wout.
- Claustro de Doctorado en Ciencia de la Computación: Domagoj Vrgoc.
- Claustro de Magíster y Doctorado de Ingeniería Eléctrica: Eduardo Cerpa, Carlos Pérez, Manuel Sánchez, Carlos Sing-Long.
- Claustro de Magíster en Ingeniería Industrial y de Sistemas: Alejandro Cataldo, Cristóbal Guzmán.
- Claustro de Magíster y Doctorado en Ingeniería Civil: Paula Aguirre.
- Claustro de Magíster y Doctorado en Instituto de Ingeniería Biomédica: Carlos Sing-Long.

En el contexto de esta participación los académicos con dedicación exclusiva al IMC dirigieron las siguientes tesis en el período 2019-2020:

- Thomas Muñoz Serrano, "Expressive power of Linear Algebra query languages", 2020, Magíster Departamento de Ciencia de la Computación. Supervisor: Domagoj Vrgoc (co-guía).
- Javiera Riffo. "A Sequential Stackelberg Game for Dynamic Inspection Problems," 2020, Magister Ingeniería Industrial, Supervisor: Cristóbal Guzmán.
- Santiago Armstrong. "Algorithms and Models for Circular Seriation Problems," 2020, Magister Ingeniería Industrial/Eléctrica. Supervisores: Cristóbal Guzmán, Carlos Sing-Long (en co-dirección).
- Matías Villagra, "A General Method for Symmetry Breaking Polyhedra using the Geometry of Groups", 2020, Magíster Facultad de Matemáticas. Supervisor: José Verschae.

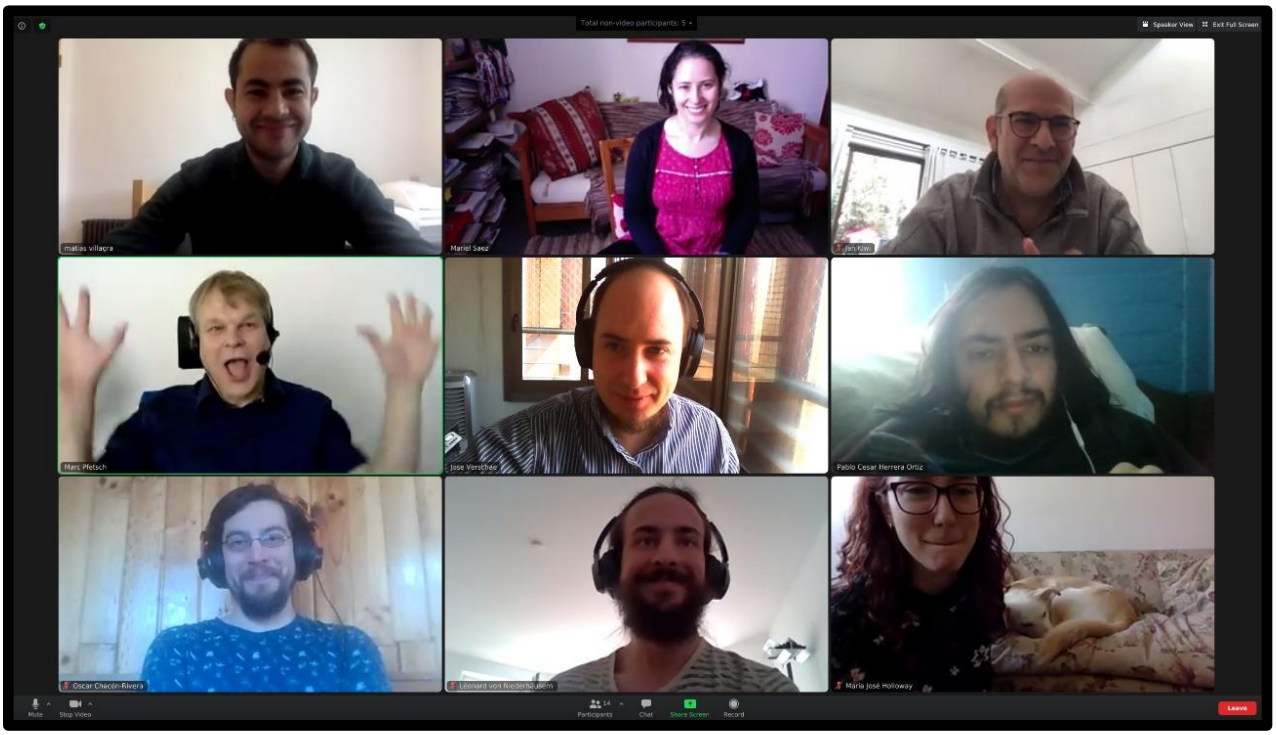


*Imagen: Defensa de tesis de magíster del alumno Matías Villagra, quien fue supervisado por el Profesor José Verschae.*

**Licenciatura en Ingeniería en Ciencia de Datos**

Una de las noticias más relevantes para el IMC el año 2020 fue la aprobación de la Licenciatura en Ingeniería en Ciencia de Datos, la que estará albergada en el Instituto y comenzará con su admisión a finales de 2020. Esta licenciatura cuenta además con la participación de ambas unidades fundantes del IMC --la Escuela de Ingeniería y la Facultad de Matemáticas--, a través de la oferta de cursos obligatorios y optativos, la participación en un comité curricular de carácter transversal, y la futura contratación de académicos en modo vacante compartida entre estas unidades.

*Contexto.* El área de la ingeniería y ciencia de datos (ICD) ha pasado en corto tiempo de ser tópico de especialistas en estadística y computación a convertirse en tema de discusión masiva debido a sus profundas implicancias en la sociedad. La ICD es un área inherentemente interdisciplinaria que utiliza

métodos, procesos, y algoritmos para recopilar, almacenar, e integrar conjuntos de datos complejos, extraer información relevante desde ellos, y presentarlos de forma adecuada a distintos tipos de usuarios. La ICD ha logrado importantísimos avances en los ámbitos de la academia, investigación, e industria, presentando un enorme crecimiento en la última década. La combinación de modelamiento matemático avanzado, su implementación computacional, y el posterior procesamiento de grandes volúmenes de datos, constituye un componente cada vez más relevante para el adecuado desarrollo social y económico global.

Actualmente, los expertos en ICD son altamente codiciados en distintos tipos de empresas e instituciones, y además se cuentan entre los profesionales mejor pagados. Por otro lado, formar un profesional con estas capacidades no es una tarea fácil, y la creciente demanda que existe por ellos a nivel mundial supera largamente a la oferta. Aunque es difícil encontrar estudios que cuantifiquen el déficit de este tipo de profesionales en Chile, comúnmente se habla de un importante déficit en los medios especializados.

*Importancia para el IMC.* Como presentamos anteriormente, el Plan Estratégico del Instituto de Ingeniería Matemática y Computacional (IMC) enfatiza la docencia e investigación aplicada. Por la naturaleza de la ICD, esta licenciatura viene a reforzar fuertemente ese pilar de nuestro quehacer. En términos de las áreas estratégicas para el IMC, se definió en su constitución que estas serían: (1) cómputo científico y análisis numérico, (2) algoritmos, combinatoria, y optimización, y (3) estadística y ciencia de datos. Este programa de licenciatura representa por tanto un mecanismo fundamental para el desarrollo de capital humano relacionado con una de las principales líneas estratégicas del IMC – la tercera – pero con participación fundamental y directa de las otras dos. Además, debido al enorme potencial que tiene la ICD para vincular a la academia, la industria, el estado, y la sociedad, esta sería una oportunidad única para el IMC en términos de consolidar su rol como nodo asociativo para la transferencia de conocimiento desde la universidad a la sociedad y ayudar así al desarrollo del país.

*Descripción del programa.* La licenciatura tiene una duración de 8 semestres. Sus cursos suman 405 créditos, los que se dividen en 165 créditos de cursos mínimos, 100 créditos de Major en Ciencia de Datos, 50 créditos de optativos de profundización, y 80 créditos de optativos de formación general. Incluye también una actividad de graduación que consiste en un curso tipo *Capstone,* llamado "Proyecto Final de Grado", en el que los estudiantes desarrollan la capacidad para articular críticamente conocimientos adquiridos durante el Programa y proponer soluciones innovadoras a problemas profesionales o científicos concretos, con el acompañamiento de un Profesor Supervisor. Se requiere que el trabajo cubra satisfactoriamente las competencias declaradas en el Perfil de Egreso de la Licenciatura.

*Objetivos del programa.* El objetivo general del programa es formar licenciados con conocimientos avanzados, teóricos y prácticos, para desempeñarse en los ámbitos de la aplicación e investigación interdisciplinaria, en áreas de ingeniería y ciencia de datos, con capacidad de abordar y solucionar problemas complejos de manera innovadora y ética.

Los objetivos específicos se presentan a continuación:

1. Formar profesionales en ingeniería y ciencia de datos con conocimiento especializado en modelamiento matemático, estadístico, y métodos computacionales, para proponer soluciones novedosas y eficaces en problemas relevantes y complejos.
2. Propiciar una formación que permita vincular los contenidos técnicos estudiados con problemas y aplicaciones del mundo real para desarrollar la comprensión y el aporte del análisis matemático y computacional sofisticado en la solución efectiva de los problemas, además de fomentar nuevas formas de vinculación entre la academia y la sociedad.
3. Ofrecer una formación en ingeniería y ciencia de datos que permita a los estudiantes obtener una visión interdisciplinaria, basada en conocer cuáles son las necesidades y particularidades del análisis de datos en otras disciplinas, las posibles formas de colaboración que pueden desarrollarse con ellas, y el potencial del trabajo interdisciplinario para resolver problemas complejos a través de la integración de distintas miradas, el manejo ético y responsable de la información, y la capacidad de comunicar los resultados a distintos tipos de usuario.
4. Desarrollar una formación integral alineada con el Perfil del Egresado UC, que le permita promover el bien común y la equidad, resguardar la dignidad humana, discernir las implicancias éticas de su quehacer, responder a las problemáticas de la sociedad con una mirada desde la ecología integral y la sustentabilidad, con un pensamiento crítico, creativo y reflexivo para abordar la complejidad interdisciplinaria en los distintos fenómenos que se deban abordar.

*Rasgos diferenciadores.* La Licenciatura en Ingeniería en Ciencia de Datos tendrá un carácter innovador de integración transversal de contenidos, con énfasis en la interacción con las aplicaciones, sustentado el desarrollo de una formación integral que potenciará la entrega de conocimientos avanzados en las áreas de ingeniería y ciencia de datos para su aplicación en diversos escenarios, tanto en la academia como en organización públicas y privadas. Para ello se describen las fortalezas que distinguen esta Licenciatura:

1. <u>Formación Transversal:</u> La diversidad en las áreas del conocimiento que esta Licenciatura aborda, modelamiento matemático, estadístico y métodos computacionales para la ingeniería y ciencia de datos, requieren de una formación integral con un enfoque interdisciplinario y aplicado, lo que hace esencial la participación y colaboración de otras unidades académicas en el desarrollo curricular y docente del programa. El Instituto de Ingeniería Matemática y Computacional (IMC) por su naturaleza eminentemente interdisciplinaria provee un espacio adecuado para llevar a cabo esta tarea. La Licenciatura en ICD contará con académicos de la Facultad de Matemáticas, la Escuela de Ingeniería y del IMC, además de otras unidades académicas de la UC donde se imparten cursos de especialización. Esta interacción propicia un espacio de encuentro para futuras investigaciones y colaboración en proyectos de investigación de pregrado, proyectos aplicados (capstone), de graduación en formato de cotutela, y actividades de extensión académica (seminarios, congresos, entre otros.), por ejemplo.

2. <u>Estructura curricular:</u> Actualmente, en Chile y en el mundo, existe una diversidad de programas de licenciatura y de títulos profesionales que abordan áreas del conocimiento o herramientas relacionadas con el área de ingeniería y ciencia de datos. Estos programas incorporan el desarrollo de habilidades para desempeñarse en la industria y la academia, y capacidad de trabajar en equipos de distintas disciplinas. En algunos programas el énfasis está en temáticas de ingeniería y ciencia de

datos vinculadas a la ingeniería en computación, otros profundizan más en estadística o en matemáticas, o programas con cursos muy avanzados en modelos, procesos y análisis estadístico. La Licenciatura en Ingeniería en Ciencia de Datos propuesta, tiene énfasis en la entrega de conocimiento avanzado en modelamiento matemático, estadístico y métodos computacionales para la ingeniería y ciencia de datos, y además en la interacción de estas áreas y las herramientas que resulten de esta, a través del carácter transversal y aplicado del programa.

3. Institución y equipo docente: La UC tiene una posición privilegiada para asumir un rol de liderazgo en los ámbitos de la ingeniería y ciencia de datos. De partida cuenta con unidades consolidadas de Matemáticas y de Ingeniería, ambas muy destacadas en la Universidad y en Latinoamérica por la calidad de sus académicos de excelencia y de sus estudiantes, por el nivel de las investigaciones que realizan, y por la infraestructura de que disponen. Además, la UC cuenta como eje estratégico con el desarrollo interdisciplinario, uno de cuyos frutos fue la creación del IMC. El IMC le permite un mayor posicionamiento y liderazgo en las áreas de matemáticas aplicadas, teoría de la computación y ciencia de datos, facilitando la interacción de académicos e investigadores y el fomento en la postulación a grandes proyectos interdisciplinarios. Esta institucionalidad favorece el crecimiento orgánico en un ambiente de comunidad científica interdisciplinaria hacia los desafíos en la sociedad.

4. Ética: El programa de estudio requiere de una componente de responsabilidad ética y social. En el caso de esta Licenciatura, por su área de desarrollo en la ingeniería y ciencia de datos, este componente se enmarca en el alto y adecuado cumplimiento en las políticas de privacidad, sesgo y transparencia. De esta forma se asegura el correcto uso y entrega de la información y de los datos, de manera eficiente y eficaz. La ética será abordada a través de dos vías: Por una parte, se tratará de manera transversal durante el transcurso del plan de estudio, con especial énfasis en los cursos hitos del programa, y por otro, se incorporará un curso de Ciencia de Datos Responsable especialmente diseñado para las necesidades formativas de este programa.

*Articulación con títulos de la UC.* La Licenciatura en Ingeniería en Ciencia de Datos tendrá una articulación vertical y directa hacia los títulos de Ingeniero Civil Matemático y Computacional e Ingeniero Civil de Computación. Para esto se ha construido un Minor de Articulación con Ingeniería Civil, que les permita a los estudiantes interesados en articular poder cumplir los requisitos relacionados con las ciencias básicas que no están integrados en la Licenciatura en Ingeniería en Ciencia de Datos. Se está comenzando a trabajar también para que haya articulación posible hacia el Título Profesional de Estadístico. Los egresados podrían también tener continuidad hacia los programas de magíster y de doctorado de la Escuela de Ingeniería, por ejemplo, el de Computación o Industrias, y también hacia aquellos que el IMC está actualmente desarrollando como propuesta de creación.

*Vacantes y requisitos de ingreso.* La licenciatura comenzará por ofrecer 50 vacantes en admisión ordinaria, vía la prueba nacional de selección universitaria, y 10 vacantes de admisión vía los programas de admisión, financiamiento y apoyo académico para garantizar el ingreso y la permanencia de los estudiantes talentosos en nuestra Universidad, independiente de su situación socioeconómica o condición física.

Las vacantes de la Licenciatura en Ingeniería en Ciencia de Datos vía admisión ordinaria serán evaluadas con respecto al siguiente cuadro de ponderaciones:

| **Ponderaciones para la Licenciatura en Ingeniería en Ciencia de Datos UC** | |
|---|---|
| **Notas Enseñanza Media** | 20% |
| **Ranking** | 20% |
| **Prueba de Lenguaje y Comunicación** | 10% |
| **Prueba de Matemática** | 40% |
| **Prueba de Ciencias** | 10% |

*Perfil de egreso.* Los egresados de la Licenciatura en Ingeniería en Ciencia de Datos deberán ser capaces de:

- Demostrar conocimientos teóricos y prácticos en los aspectos fundamentales de la matemática, estadística, y ciencia de la computación, que permitan resolver problemas aplicados a través del análisis de datos.

- Diseñar modelos descriptivos y predictivos de los datos, utilizando herramientas matemáticas, estadísticas, lógicas o computacionales, que permitan entender el dominio de los datos y explicar o predecir fenómenos desde ellos.

- Aplicar técnicas avanzadas de análisis de datos para resolver problemas aplicados extrayendo conclusiones desde conjuntos de datos.

- Implementar soluciones computacionales para el manejo efectivo de conjuntos de datos complejos en la resolución de problemas del mundo real, a través de procesos sustentables que optimicen el uso de recursos.

- Comunicar adecuada y eficazmente los hallazgos relevantes del análisis de datos para apoyar la toma de decisiones en equipos de trabajo de manera colaborativa.

- Actuar con responsabilidad, ética, e integridad en el manejo y análisis de los datos, asumiendo las implicancias de los actos realizados en el quehacer profesional, respetando las normativas legales, y privilegiando siempre la dignidad de las personas, el compromiso público y el bien común.

- Demostrar curiosidad intelectual, capacidad de auto aprendizaje, y pensamiento crítico para aportar con soluciones creativas e innovadoras en contextos donde se requieran.

*Campo ocupacional.* Dependiendo de su especialización, los egresados de la licenciatura pueden trabajar principalmente en las siguientes funciones:

1. *Analista de datos.* Es la persona que hace reportes en base a los datos disponibles en una organización. Debe acceder a los datos, limpiarlos, realizar análisis estadísticos sobre ellos, y luego comunicar los resultados de forma eficiente.
2. *Científicos de datos.* Realiza lo mismo que el analista de datos, pero tiene más libertad para construir modelos, simulaciones, y en general actividades relacionadas con I+D.
3. *Ingeniero de datos.* Es la persona que mantiene y actualiza los datos de una organización para asegurar un análisis y visualización más eficiente. Involucra bastante menos de análisis, pero mucho más de ingeniería de software y programación. Puede encargarse de temas de migración de datos, limpieza, integración, entre otros.

*Diagrama curricular.*

LICENCIADO EN INGENIERÍA EN CIENCIA DE DATOS

| SEMESTRE I | SEMESTRE II | SEMESTRE III | SEMESTRE IV | SEMESTRE V | SEMESTRE VI | SEMESTRE VII | SEMESTRE VIII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Introducción a Programación IIC1103 10 cr | Programación Avanzada IIC2233 10 cr | Matemáticas Discretas IIC1253 10 cr | Modelos Probabilísticos EYP1025 10 cr | Inferencia Estadística EYP2114 10 cr | Procesos Estocásticos Aplicados EYP210I 10 cr | Simulación Estocástica EYP211I 10 cr | Proyecto de graduación IMT2270* 10 cr |
| Taller de Matemáticas para Estadística MAT0007 15 cr | Introducción a Ciencia de Datos IMT2200* 10 cr | Cálculo para Ciencia de Datos IMT2220* 10 cr | Estructuras de Datos y Algoritmos IIC2133 10 cr | Inteligencia Artificial IIC2613 10 cr | Analisis de Regresión EYP230I 10 cr | Métodos Bayesianos EYP280I 10 cr | OPTATIVO PROFUNDIZACIÓN o MINOR 10 cr |
| Introducción al Cálculo MAT1107 10 cr | Álgebra Lineal para Ciencia de Datos IMT2210* 10 cr | Álgebra Lineal Avanzada y Modelamiento IMT2230* 10 cr | Bases de Datos IIC2413 10 cr | Procesamiento Datos Masivos IIC2440* 10 cr | Visualización de Información IIC2026 10 cr | Teoría de Aprendizaje Automático IMT2260* 10 cr | OPTATIVO PROFUNDIZACIÓN o MINOR 10 cr |
| Introducción al Álgebra y Geometría MAT1207 10 cr | Cálculo I MAT1610 10 cr | Ciencia de Datos Responsable IMT2240* 10 cr | Optimización para Ciencia de Datos IMT2250* 10 cr | OPTATIVO PROFUNDIZACIÓN o MINOR 10 cr | Minería de datos IIC2433 10 cr | OPTATIVO PROFUNDIZACIÓN o MINOR 10 cr | OPTATIVO PROFUNDIZACIÓN o MINOR 10 cr |
| Filosofía ¿Para qué? FIL2001 10 cr | FORMACIÓN TEOLÓGICA 10 cr | FORMACIÓN GENERAL 10 cr | FORMACIÓN GENERAL 10 cr | FORMACIÓN GENERAL 10 cr | FORMACIÓN GENERAL 10 cr | FORMACIÓN GENERAL 10 cr | FORMACIÓN GENERAL 10 cr |
| Examen de Comunicación Escrita VRA100C 0 cr | | English Test Alte 2 VRA2000 0 cr | | | | | * Curso nuevo |

| | SEMESTRE I | SEMESTRE II | SEMESTRE III | SEMESTRE IV | SEMESTRE V | SEMESTRE VI | SEMESTRE VII | SEMESTRE VIII | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MIN | 45 cr | 40 cr | 40 cr | 40 cr | 30 cr | 40 cr | 30 cr | 10 cr | 275 cr |
| OPR o MINOR | 0 cr | 0 cr | 0 cr | 0 cr | 0 cr | 0 cr | 10 cr | 30 cr | 40 cr |
| ELEC | 0 cr | 0 cr | 10 cr | 10 cr | 20 cr | 10 cr | 10 cr | 10 cr | 70 cr |
| A.E | 10 cr | 0 cr | 0 cr | 0 cr | 0 cr | 0 cr | 0 cr | 0 cr | 10 cr |
| T.T.F | 0 cr | 10 cr | 0 cr | 0 cr | 0 cr | 0 cr | 0 cr | 0 cr | 10 cr |
| **TOTAL Cr. UC** | **55 cr** | **50 cr** | **50 cr** | **50 cr** | **50 cr** | **50 cr** | **50 cr** | **50 cr** | **405 cr** |

| | |
|---|---|
| Ciencias básicas | 165 cr |
| Major en Ciencia de Datos | 100 cr |
| Optativos de profundización (OPR) o Minor de Articulación con Ingeniería Civil | 50 cr |
| Formación General | 80 cr |
| Actividad de Graduación | 10 cr |
| **Total créditos** | **405 cr** |

## PROYECCIÓN AL MEDIO EXTERNO

### Educación Profesional y Continua

*DIPLOMADO EN BIG DATA PARA LA TOMA DE DECISIONES*

El Instituto coordina actualmente un diplomado online en el área de Ciencia de Datos, llamado *Big Data para la Toma de Decisiones*, orientado a ejecutivos de empresas y organizaciones chilenas en general y dictado a través de la plataforma de Clase Ejecutiva. El objetivo del diplomado es entregar a los alumnos una visión completa y general sobre qué es el Big Data, de qué es capaz, qué valor aporta y cómo se

implementa en una organización, permitiéndoles de este modo tomar decisiones gerenciales informadas respecto a proyectos o equipos de trabajo donde el Big Data sea relevante, y entregándoles a su vez las suficientes herramientas analíticas para poder profundizar en el tema posteriormente si así lo desean.

Siguiendo los estándares de Clase Ejecutiva, el diplomado se divide actualmente en cuatro cursos (originalmente cinco), con una duración de 2 meses cada uno. Cada curso se compone de seis clases interactivas online, además de una clase presencial y de evaluaciones individuales y grupales. Estos cursos son:

- *Big Data en Empresas y Organizaciones (Prof. Claudio Morchón)*
- *Manejo de Grandes Volúmenes de Datos (Prof. Domagoj Vrgoc)*
- *Modelamiento Estadístico y Sistemas Recomendadores (Prof. Alejandro Jara)*
- *Visualización de Datos (Prof. Ricardo Vega)*

El paso de cinco a cuatro cursos fue realizado durante 2020 en estrecha colaboración tanto con Clase Ejecutiva como con el área de Educación Profesional de Ingeniería. Mediante este cambio se espera que el diplomado pueda expandir su público a Latinoamérica.

Desde su creación en 2017, el diplomado ha contado con un promedio de 208 alumnos por año

| Año | Alumnos |
|---|---|
| 2017 | 64 |
| 2018 | 197 |
| 2019 | 325 |
| 2020 | 247 |

*DIPLOMADO EN DATA SCIENCE PARA POLÍTICAS PÚBLICAS*

Se trabajó durante 2019 en la creación y preparación de un diplomado presencial en conjunto con la Escuela de Gobierno, el cual fue presentado y aprobado por los comités correspondientes para comenzar su impartición en 2021 (con retraso de 1 año debido a la pandemia).

El diplomado está enfocado principalmente a trabajadores del sector público, en el área de políticas públicas, que no posean una preparación matemática en Ciencia de Datos y cuyo trabajo pueda verse enriquecido mediante el aprendizaje de técnicas de esta área. Contará con 4 cursos teórico-prácticos y un proyecto de aplicación, sumando un total de 144 horas cronológicas; específicamente:

- *Aproximación a las políticas públicas desde los datos.*
- *Análisis y Visualización de Datos*
- *Gestión de Datos*
- *Datos para la evaluación de impacto en políticas públicas*
- *Taller de Análisis de Datos*

El diplomado está liderado por Pablo Celhay, profesor asistente en la Escuela de Gobierno UC, y dos de sus cursos serán dictados por profesores del IMC.

**Transferencia Tecnológica**

Desde la creación del Instituto, la Transferencia Tecnológica ha sido un componente fundamental de su quehacer, en concordancia con su visión y misión. En este sentido, el Instituto ha realizado a la fecha proyectos de consultoría para empresas del sector privado y para entidades estatales, los cuales han sido liderados por profesores y ejecutados por alumnos y exalumnos del Instituto.

Se buscará potenciar esta componente en lo sucesivo mediante la realización de investigación aplicada junto a entidades de los sectores público y privado, la formación de alianzas estratégicas con organizaciones de capacidades complementarias al Instituto (tales como Centros de Excelencia Internacional, unidades de I+D, y otros) y el fortalecimiento de las redes de colaboración interna con otras unidades académicas dentro de la propia Universidad.

Entre las consultorías realizadas a la fecha, destacan las siguientes:

*AGROSUPER*

*Participantes:*
- Prof. Cristóbal Guzmán
- Prof. Gustavo Angulo
- Max Levill
- Adolfo Villalobos

*Duración:* 8 meses

*Descripción*:

Se realizó un análisis de la producción en la planta faenadora de cerdos Rosario, conducente al desarrollo de modelos para predicción de mermas, peso, rendimiento de cortes y otros. Estos modelos fueron empaquetados en un software ejecutable por la empresa, y sirven actualmente de base para futuros desarrollos dentro de la misma, tales como la construcción de modelos prescriptivos que se conecten con las estimaciones de demanda que ésta posea.

El proyecto fue liderado por los profesores Cristóbal Guzmán (IMC) y Gustavo Angulo (Ing. Industrial), y contó con la participación de los alumnos Max Levill y Adolfo Villalobos, ambos estudiantes de Ingeniería Matemática durante el plazo de ejecución. La construcción de los modelos matemáticos utilizados requirió del uso de técnicas de Machine Learning, Estadística y Optimización, entre otras.

El trabajo requirió de interacción constante con los equipos pertinentes de Agrosuper, a la par de ayudar a éstos a identificar brechas en la recolección y calidad de sus datos y preparar el camino para futuros desarrollos. Los modelos elaborados fueron validados en conjunto con personal clave de las áreas de Producción e Innovación, y presentados ante representantes de distintas gerencias de la empresa.
*CANAL 13*

*Participantes:*

- Prof. Jorge Vera
- Jorge Salas

*Duración:* 8 meses

*Descripción:*

El proyecto consistió en el análisis del comportamiento de la audiencia de Canal 13, con el objetivo de construir perfiles detallados de ésta que sirvieran de apoyo al canal para tomar decisiones operativas y comerciales relevantes, relacionadas a su parrilla programática, venta y gestión de espacios publicitarios, y similares.

Para lograr este objetivo, el Instituto trabajó en conjunto con *Dataforce*, startup creada por uno de sus exalumnos (Jorge Salas) y que en el periodo de ejecución del proyecto empleó a alumnos del Instituto. El equipo de *Dataforce* fue guiado y apoyado por el profesor Jorge Vera y por el subdirector del Instituto. La construcción de perfiles se llevó a cabo utilizando métodos de Clusterización alimentados por datos de rating, los cuales fueron proporcionados por la empresa.

Como resultado de este trabajo, se entregó a Canal 13 un conjunto de perfiles detallados de televidentes dentro del segmento de audiencia de mujeres para el horario matinal, inferidos a partir del análisis estadístico de los datos y validados en conjunto con los expertos del canal. Se espera que estos perfiles puedan informar futuras decisiones Canal 13 en los aspectos pertinentes al proyecto.

Además de los proyectos anteriores, se realizaron actividades de prospección de proyectos en colaboración con el Centro de Innovación UC, DICTUC y con la ILO de la Escuela de Ingeniería. Se exploraron posibilidades de desarrollo de proyectos para Entel, Walmart y BHP Billiton; con esta última se sostuvo una reunión de análisis de desafíos específicos de la empresa junto a un grupo de profesores del Instituto, y se invitó a su equipo técnico a participar en uno de los seminarios del IMC.

Como posibilidades futuras de colaboración, el IMC se encuentra actualmente en conversaciones con TECK CDA (para la ejecución de dos proyectos relacionados a gestión de inventario), Sierra Gorda SCM

(para la ejecución de un proyecto de asesoría en transformación digital) y Unilever (para una potencial colaboración relacionada a gestión de inventario y de personal).

## VISIÓN DE FUTURO

### Un Nuevo Lugar

Como parte del plan de desarrollo del IMC que acompaña a la creación de la Licenciatura en Ciencia de Datos, se comprometió la construcción de nueva infraestructura para albergar las instalaciones del Instituto. Esta infraestructura corresponde a 652 metros cuadrados dentro del nuevo "Edificio Cubo", el cual estará ubicado sobre la Sala de Usos Múltiples de la Escuela de Ingeniería. La superficie total construida del Edificio Cubo será de aproximadamente 1500 metros cuadrados y el resto de las instalaciones serán utilizadas por el DILAB de la Escuela de Ingeniería. Una imagen computacional del proyecto puede observarse en la siguiente figura.

*Imagen: Futuro Edificio Cubo, lugar donde se albergará el IMC.*

### Plan de Desarrollo

La estrategia 2020-2025 que presentamos con anterioridad define los objetivos del IMC en los próximos cinco años, pero no una hoja de ruta para lograrlos. Tal hoja de ruta debe ser construida en base a un Plan de Desarrollo, el que será concebido durante el primer semestre del 2021. Este plan debe incluir acciones concretas para llevar a cabo nuestros objetivos expresados en los tres pilares estratégicos antes mencionados:

- *Formación de líderes académicos y de la industria.*
- *Investigación de vanguardia para el desarrollo de soluciones innovadoras a problemas del mundo real.*
- *Nodo asociativo para la academia, el mundo público y privado.*

Hay varias razones que han dilatado un poco más de lo esperado la creación de nuestro plan de desarrollo, pero quizá la más importante de ellas es que antes de embarcarnos en definir tareas específicas, metas e indicadores, era importante robustecer la identidad del IMC y asegurarse que los académicos, funcionarios, y estudiantes se sintieran parte de un proyecto común. Creemos que esto ya va en buen camino, gracias al trabajo conjunto de toda la comunidad del Instituto, lo que nos deja en buena posición para poder construir un plan de desarrollo que represente genuinamente los intereses de los integrantes del IMC.