

**CMM**

**Centro de  
Modelamiento  
Matemático**

# Agenda

- 08:30-09:00 Saludos protocolares (Rectoría)
- 09:00-09:30 Palabras de bienvenida y reflexiones iniciales:  
**Forlín Aguilera** (Rector, UDA)  
**Miguel Vargas** (Gobernador Atacama)  
**Héctor Ramírez** (Director, CMM-UChile)
- 09:30-10:30 *Centro de Modelamiento Matemático (CMM)*  
**Salomé Martínez** (Directora de Transferencia e Innovación, CMM-UChile)
- 10:30-11:00 Café
- 11:00-11:30 *El rol de la Universidad de Atacama en el desarrollo científico de la región*  
**María José Gallardo** (Vicerrectora de Investigación, UDA)
- 11:30-12:30 Conversatorio — *Oportunidades de colaboración académica para la Transformación Digital en Educación, Salud y Metalurgia*  
Modera: **Eduardo Vera** (Coordinador de Vinculación Externa, CMM-UChile)
- 12:30-13:00 Reflexiones finales y Palabras de Cierre.



# CMM

Centro de  
Modelamiento  
Matemático

## Centro de Modelamiento Matemático

Copiapó, mayo de 2023



fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE



UNIVERSIDAD  
DE CHILE



Universidad  
de Concepción



UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ



Universidad  
Andrés Bello



UCSC

LOH

Universidad  
de O'Higgins



Universidad  
de Valparaíso  
CHILE



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO



UNIVERSIDAD TÉCNICA  
FEDERICO SANTA MARÍA





CMM es un centro de excelencia creado en el 2000 para la investigación y formación avanzada en matemáticas aplicadas y constituirse en una plataforma para promover el modelamiento matemático con alto impacto en innovación.

El CMM busca crear y usar nuevas matemáticas para resolver problemas provenientes de otras ciencias, de la industria y de las políticas públicas; mejorar la educación en todos sus niveles; y desarrollar capital humano, redes nacionales e internacionales y recursos científico-tecnológicos necesarios para que Chile dé un paso decisivo hacia el desarrollo.



# Antecedentes

- Desde su creación, el CMM trabaja en **modelamiento y análisis de datos** en múltiples ámbitos (educación, salud, minería, energía, recursos naturales, ...).
- **Integra** el modelamiento y herramientas matemáticas (probabilidades, estadística, optimización, algoritmos...) con técnicas de aprendizaje automático, inteligencia artificial, lenguaje natural, visualización, HPC; desarrollando soluciones nuevas, que mejor se adapten al problema abordado.
- Enfoque inter/multi-disciplinario y colaborativo para detectar oportunidades, coordinar esfuerzos, crear y articular equipos para responder a necesidades de la **academia**, la **industria** y el **sector público**.

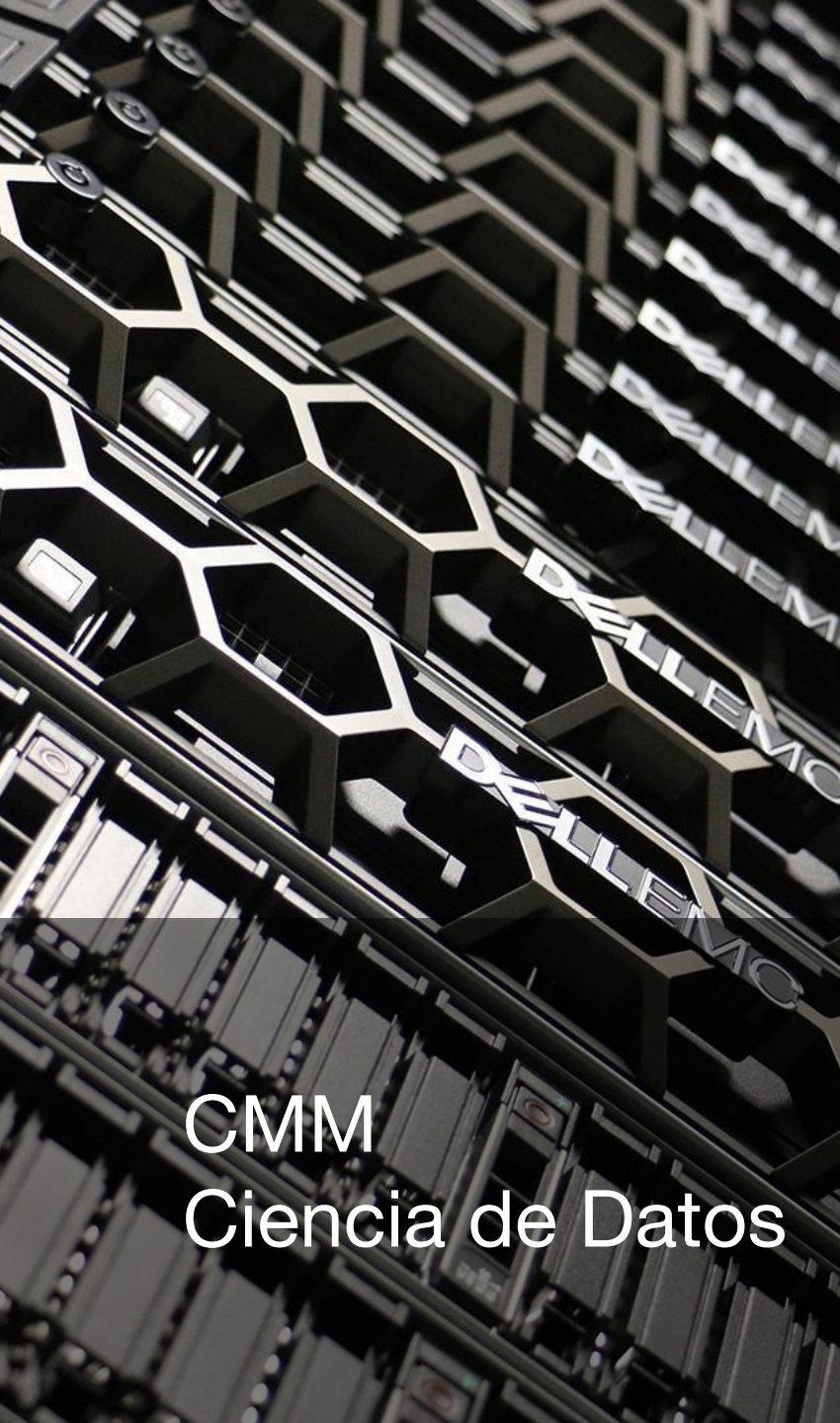
# CMM en cifras

11 Investigadores Principales  
80 Investigadores asociados  
20 Postdocs  
12 líneas de investigación

4 Cátedras CMM-CNRS  
Cátedra UNESCO en formación docente  
70 profesionales



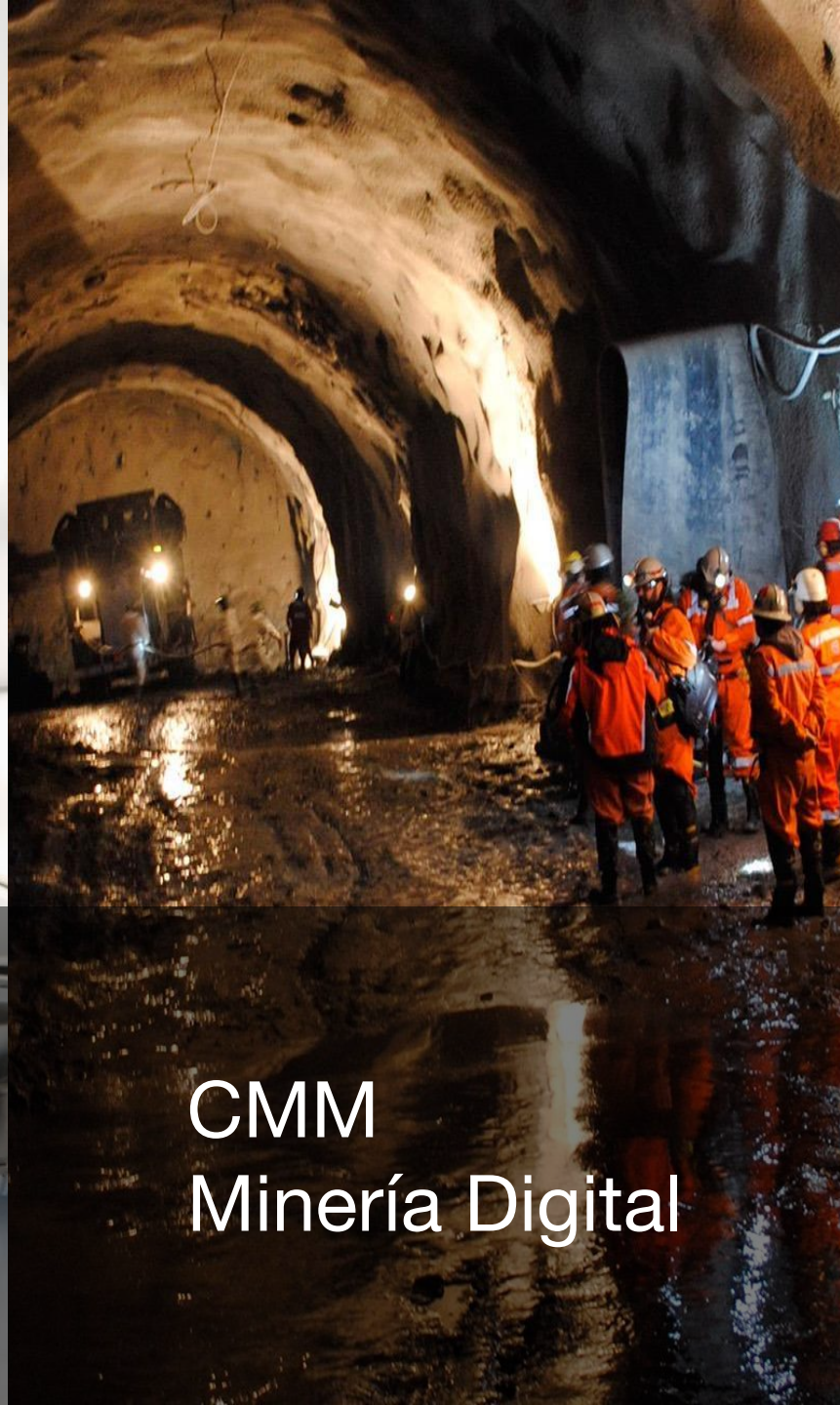




CMM  
Ciencia de Datos



CMM  
Salud Digital



CMM  
Minería Digital



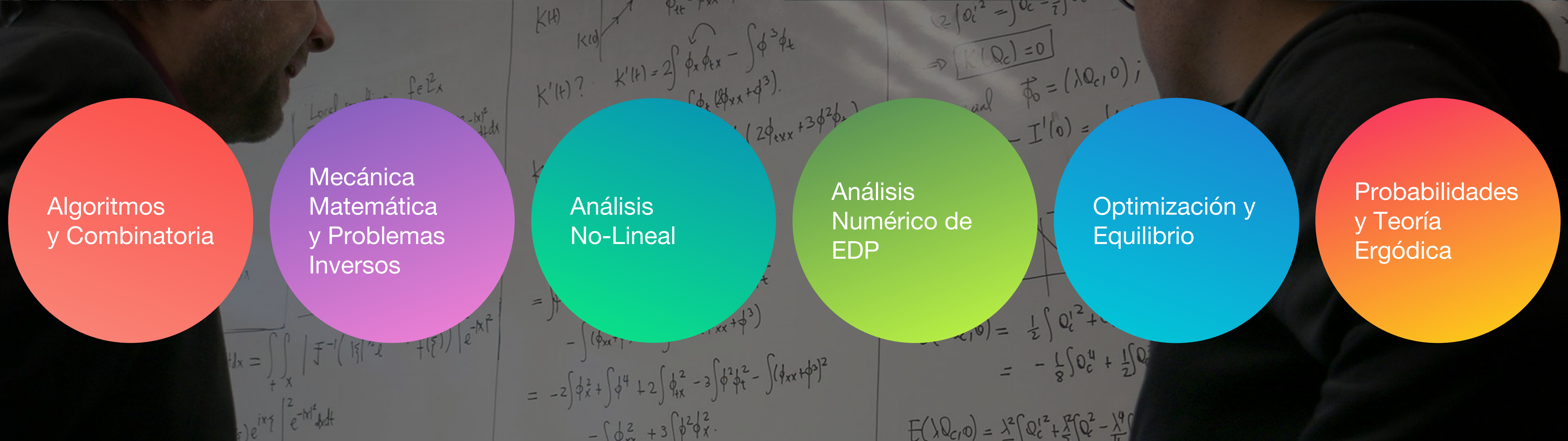
CMM  
Clima &  
Biodiversidad



CMM  
Educación  
Matemática



CMM  
Gestión de  
Recursos



Algoritmos  
y Combinatoria

Mecánica  
Matemática  
y Problemas  
Inversos

Análisis  
No-Lineal

Análisis  
Numérico de  
EDP

Optimización y  
Equilibrio

Probabilidades  
y Teoría  
Ergódica

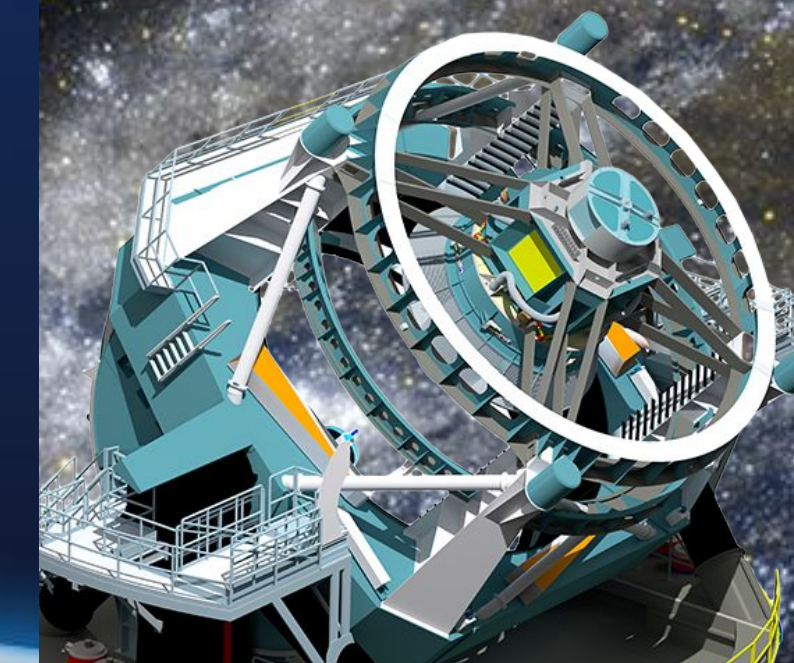




Guacolda+Leftraru:  
El supercomputador más  
rápido de Chile



Copernicus:  
Acceso libre a imágenes  
satelitales en Chile



ALeRCE:  
Broker astronómico desde  
Chile para el mundo

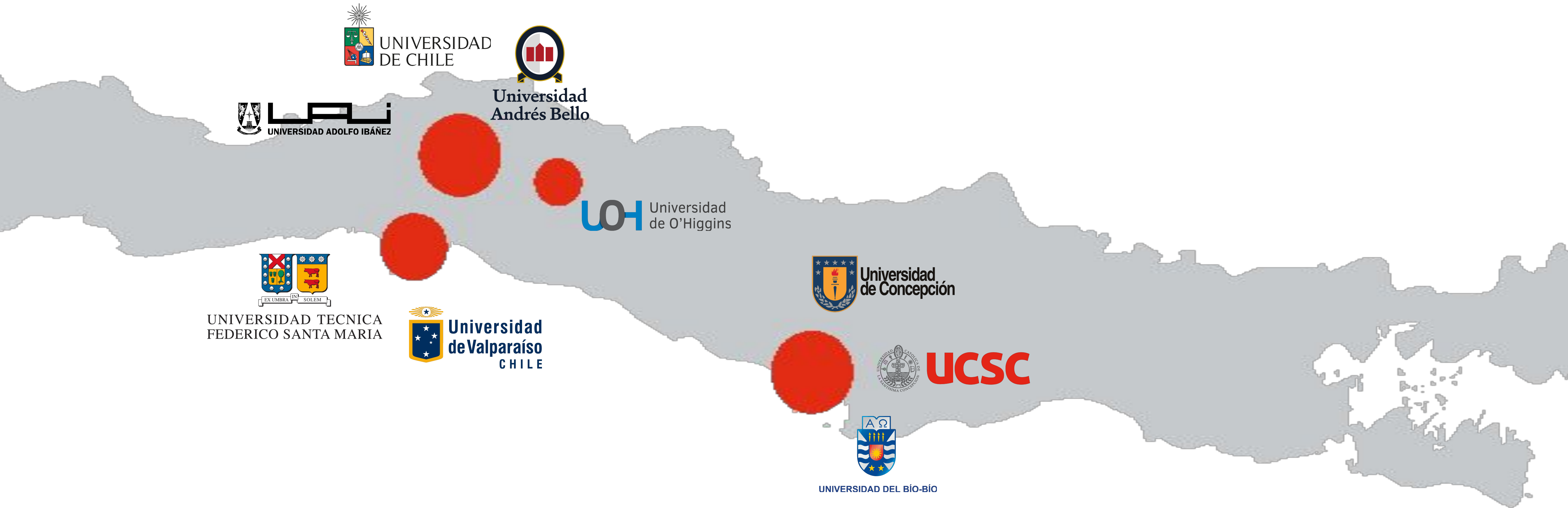


# Red Nacional de Instituciones Asociadas

**CMM**  
Centro de  
Modelamiento  
Matemático

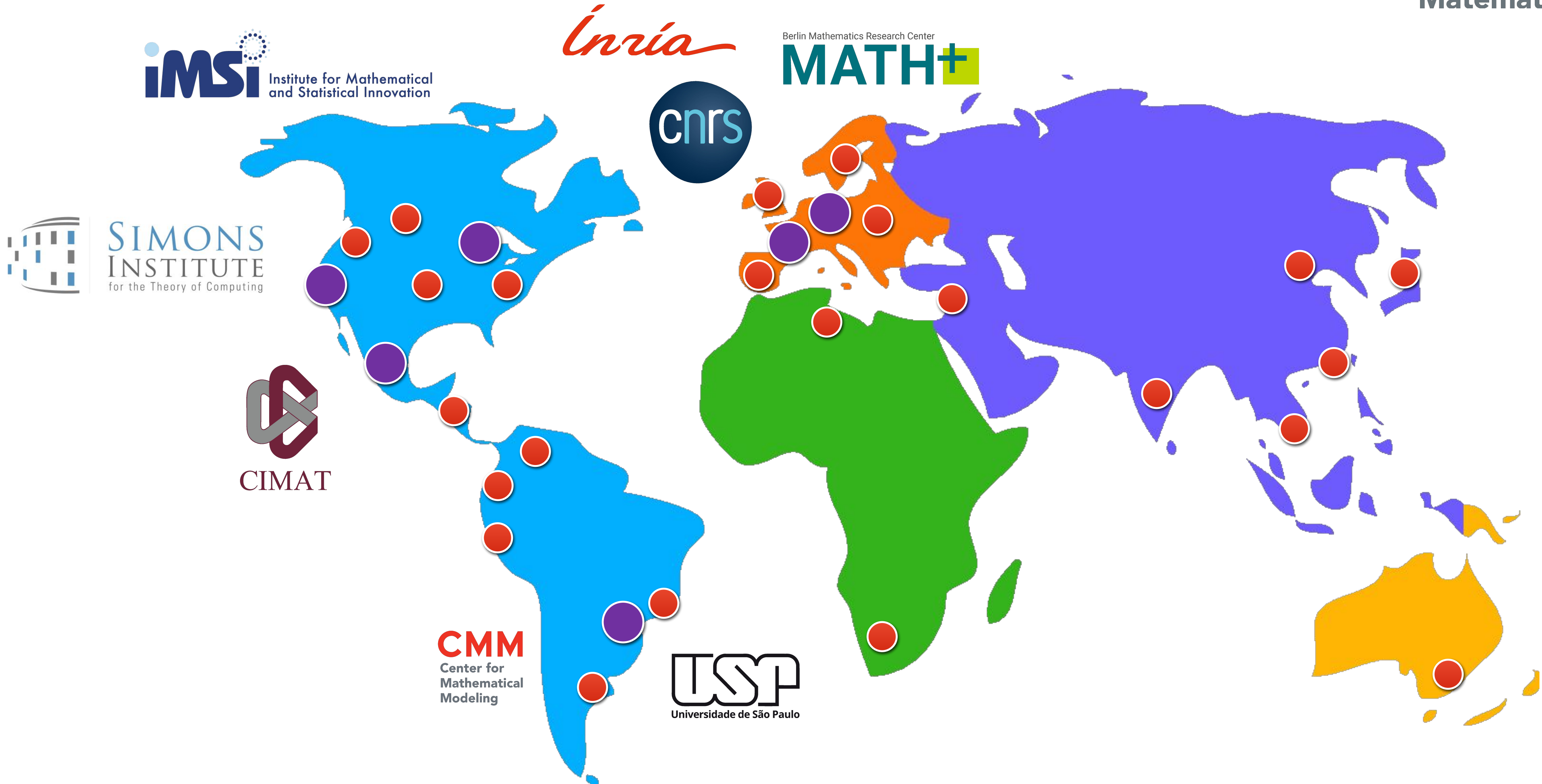


UNIVERSIDAD  
DE CHILE



# Red de Colaboración Internacional

**CMM**  
Centro de  
Modelamiento  
Matemático







# CMM

Centro de  
Modelamiento  
Matemático

## CMM Educación



# 1<sup>er</sup> ENCUENTRO NACIONAL DE FORMADORES DE PROFESORES EN MATEMÁTICAS

Abriendo espacios para la colaboración y la innovación en la Formación Inicial Docente



14 - 15 DIC

• 2 0 2 2 •

Campus Paulino del Barrio (área norte),  
Universidad de Atacama,  
Avenida Copayapu #485, Copiapó.

Sé parte de este evento y de las  
comunidades de práctica REDFID.

Accede al programa, conoce más del  
proyecto e insíbete

VER MÁS+

Organizan:

FONDEF ID21I10067  
Facultad de Humanidades y Educación, U. de Atacama  
FONDECYT 1212067  
Proyecto Basal FB210005, CMM-U. de Chile  
Cátedra UNESCO Formación de docentes para enseñar  
matemática en el Siglo XXI

SISTEMA DE APOYO PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA FORMACIÓN DOCENTE EN MATEMÁTICAS: modelo tecnológico para sustentar comunidades de práctica con foco en Innovación en docencia  
FONDEF ID21I10067



10

Regiones

18

Universidades

52

Formadores de  
profesores

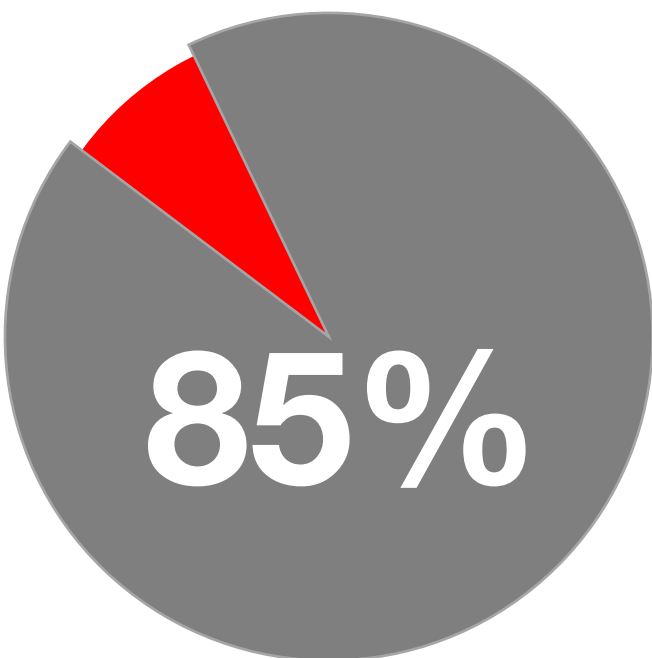


# Programa Suma y Sigue

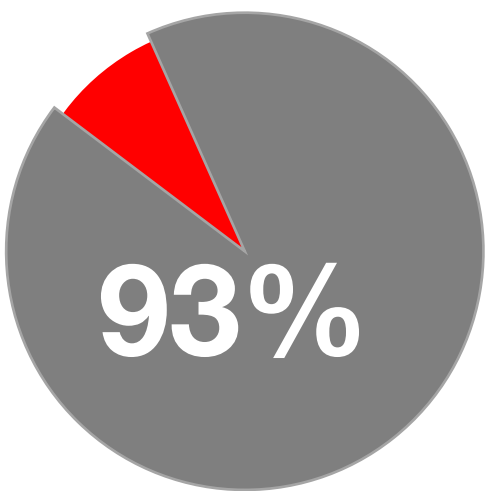


- Es un **programa de formación profesional docente** que busca desarrollar competencias matemáticas y pedagógicas, a través de un modelo formativo mediado por el uso de tecnologías.
  - Durante los años 2018-2020 el programa se implementó en 4 **Servicios Locales de Educación**.
  - La Facultad de Educación de la UDA colaboró en la implementación en la región (2019-2020)

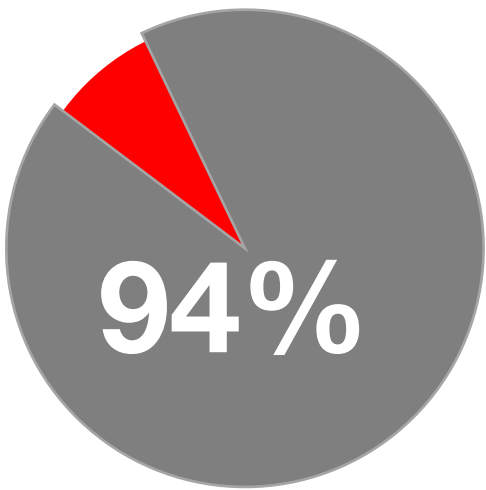
# Suma y Sigue en cifras



**de retención**



de los encuestados considera  
que el contenido es pertinente a  
la labor docente



Satisfacción con el curso

**Las y los docentes valoran positivamente  
la propuesta metodológica del Programa**

\* Estadísticas obtenidas con datos de 2015 a 2022.

**3.400**  
docentes

**270**  
comunas

**16**  
regiones



# Innovación en el desarrollo curricular para la formación docente 2018-2020



- Diseño, elaboración e implementación colaborativa de los cursos del área de matemáticas de las carreras de **Pedagogía en EB** y **Pedagogía en Matemáticas** de la UOH.
- Involucró el diseño e implementación de 12 cursos, entre los cuales se destacan cursos enfocados en **el desarrollo de habilidades matemáticas del currículo**, tales como el **modelamiento matemático**, y la **comunicación y argumentación**, con un alto componente innovador.
- Este proyecto fortaleció el **sello formativo de las carreras**, la **colaboración en el desarrollo curricular y la docencia** y contribuyó a desarrollar **capacidades propias para la docencia e innovación**.



# Iniciativa ARPA

La Iniciativa ARPA está **orientada al Desarrollo Profesional Docente Continuo** en todos los niveles educativos, desde educación preescolar a educación superior.

Busca la **incorporación en el aula de estrategias pedagógicas con base en la metodología de Resolución Colaborativa de Problemas (RCP)**. .

La Iniciativa ARPA **nace en la enseñanza y aprendizaje de la matemática**, además se ha transferido a las áreas del **Lenguaje, las Ciencias Naturales y las Ciencias Sociales**, dando cuenta de la incorporación de la **resolución de problemas como habilidad curricular transversal** a las distintas disciplinas escolares.

# Colaboración ARPA-U. de Atacama

La **Iniciativa ARPA** ha colaborado con el **Departamento de Matemática de la Universidad de Atacama** desde el **2017**. Particularmente, en la **implementación de talleres en Caldera y Copiapó**.

El año 2022 se diseñó un **Plan de Desarrollo Profesional Docente**, para segundo ciclo de enseñanza básica y enseñanza media. Se espera así promover la existencia de estrategias pedagógicas comunes entre los distintos niveles educativos, **favoreciendo trayectorias educativas integrales**.

El año 2023 (inicio 17 de mayo) se implementará un **Taller Piloto RPAula Chañaral**, dirigido a **docentes y equipos directivos** de establecimientos públicos, gracias a la vinculación activa entre la **Iniciativa ARPA**, el **Departamento de Matemática de la Universidad de Atacama** y el **SLEP de Atacama**.



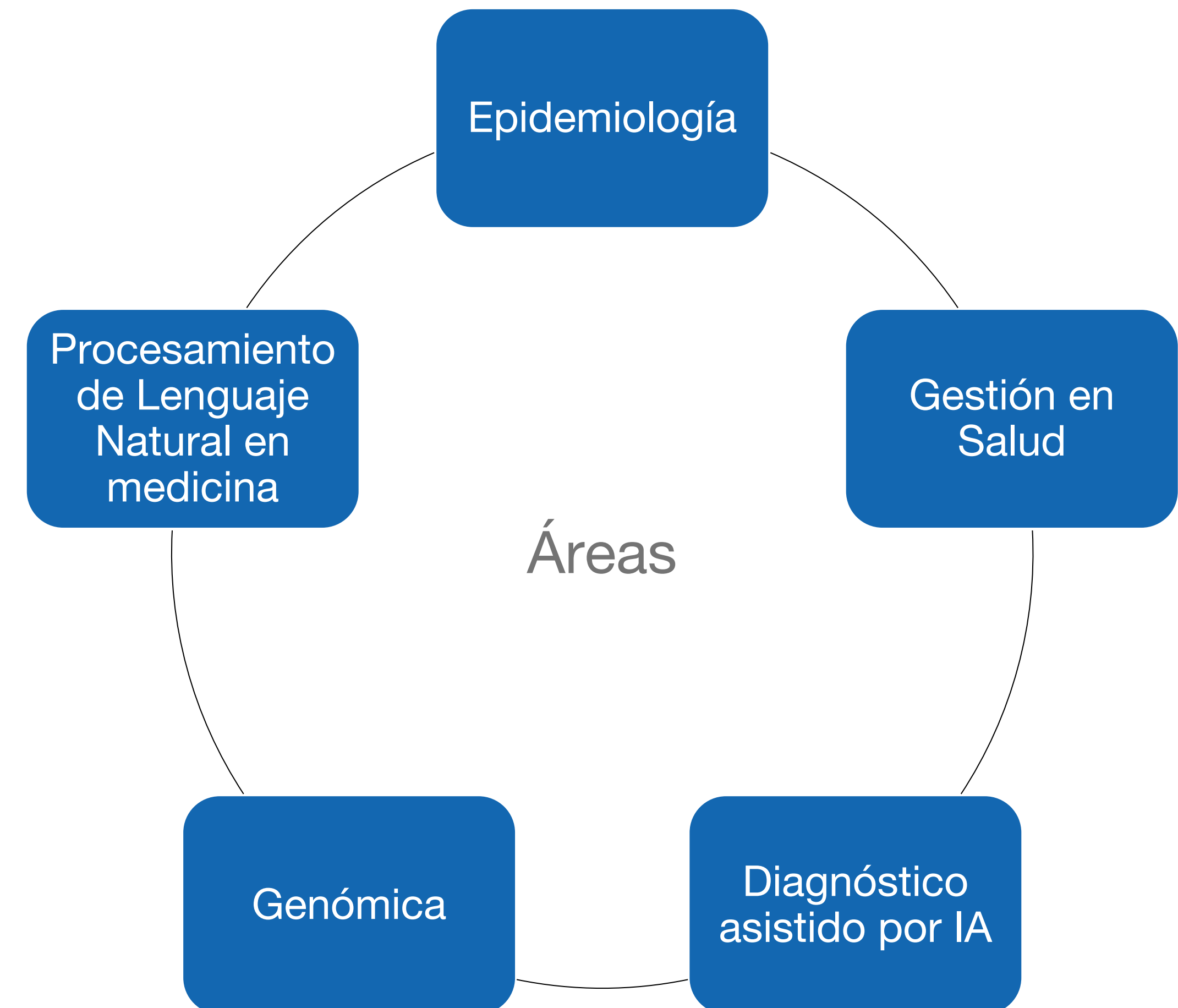
# CMM

Centro de  
Modelamiento  
Matemático

## CMM Salud Digital



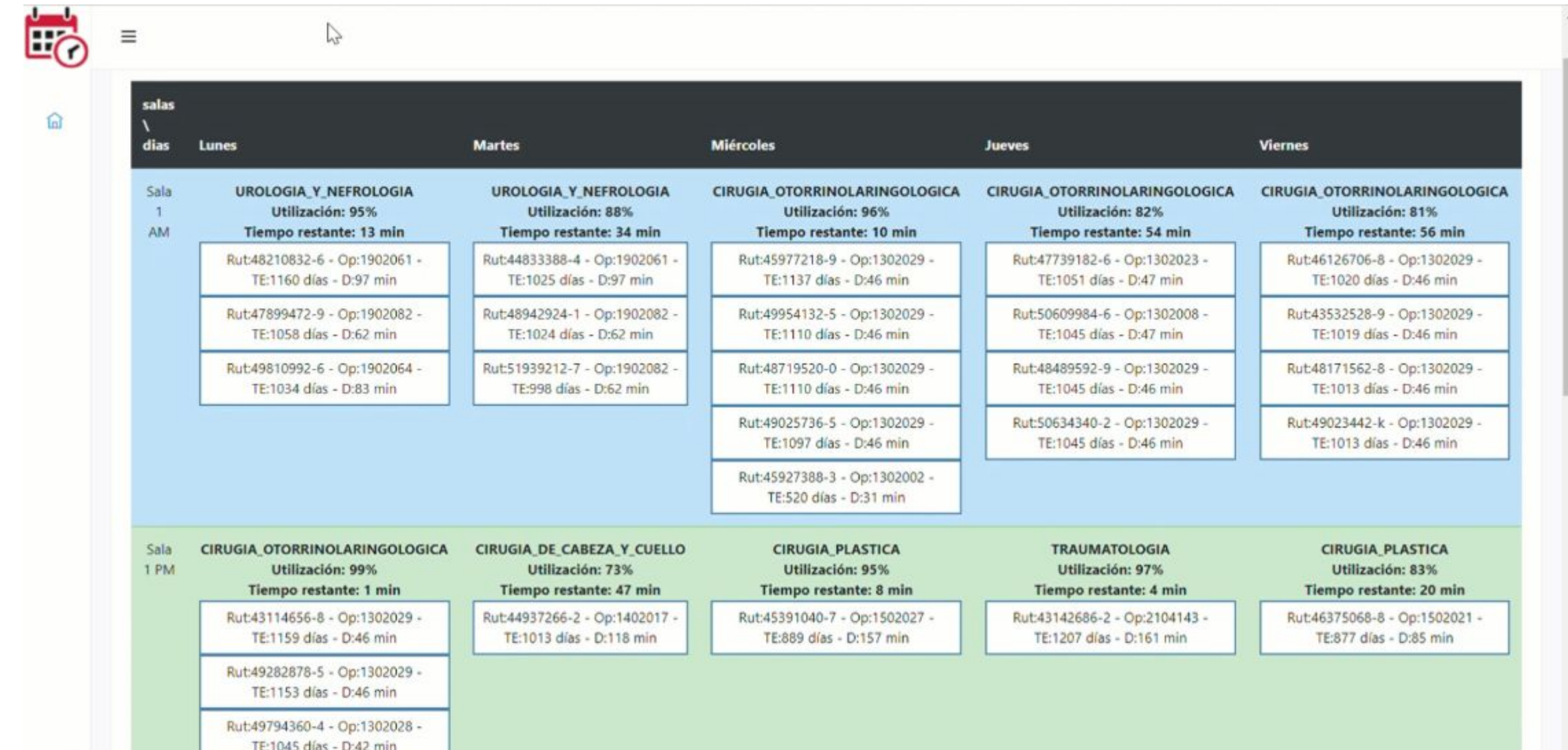
Mejorar el acceso y eficiencia de la salud en Chile, a través de la incorporación de la modelación matemática e inteligencia artificial.





# Gestión de pabellones de operación

- Problema y contexto:
  - Altos indicadores de lista de espera
  - Necesidad de cumplir compromisos de gestión del MINSAL
- Técnica:
  - Scheduling con programación lineal mixta y técnicas ad-hoc
- Resultados destacados:
  - Generación de tabla quirúrgica en segundos.
  - Reducción de la lista de espera
  - Reducción de la mediana del tiempo de espera en la lista quirúrgica
- Situación actual:
  - Estudios de efectividad de la herramienta con Hospital Dr. Luis Calvo Mackenna



The screenshot displays a web-based surgical scheduling interface. It features a grid with columns for the days of the week (Lunes to Viernes) and rows for different operating rooms (Sala 1 AM and Sala 1 PM). Each cell in the grid contains information about the scheduled surgery, including the patient's name (Rut), the operating room (Op), the date of the surgery (D), and the time of the surgery (min). The interface also shows the utilization percentage for each operating room and the remaining time for the scheduled surgery.

salas \ días	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Sala 1 AM	<b>UROLOGIA_Y_NEFROLOGIA</b> Utilización: 95% Tiempo restante: 13 min Rut:48210832-6 - Op:1902061 - TE:1160 días - D:97 min Rut:47899472-9 - Op:1902082 - TE:1058 días - D:62 min Rut:49810992-6 - Op:1902064 - TE:1034 días - D:83 min	<b>UROLOGIA_Y_NEFROLOGIA</b> Utilización: 88% Tiempo restante: 34 min Rut:44833388-4 - Op:1902061 - TE:1025 días - D:97 min Rut:48942924-1 - Op:1902082 - TE:1024 días - D:62 min Rut:51939212-7 - Op:1902082 - TE:998 días - D:62 min	<b>CIRUGIA_OTORRINOLARINGOLOGICA</b> Utilización: 96% Tiempo restante: 10 min Rut:45977218-9 - Op:1302029 - TE:1137 días - D:46 min Rut:49954132-5 - Op:1302029 - TE:1110 días - D:46 min Rut:48719520-0 - Op:1302029 - TE:1110 días - D:46 min Rut:49025736-5 - Op:1302029 - TE:1097 días - D:46 min Rut:45927388-3 - Op:1302002 - TE:520 días - D:31 min	<b>CIRUGIA_OTORRINOLARINGOLOGICA</b> Utilización: 82% Tiempo restante: 54 min Rut:47739182-6 - Op:1302023 - TE:1051 días - D:47 min Rut:50609984-6 - Op:1302008 - TE:1045 días - D:47 min Rut:48489592-9 - Op:1302029 - TE:1045 días - D:46 min Rut:50634340-2 - Op:1302029 - TE:1045 días - D:46 min	<b>CIRUGIA_OTORRINOLARINGOLOGICA</b> Utilización: 81% Tiempo restante: 56 min Rut:46126706-8 - Op:1302029 - TE:1020 días - D:46 min Rut:43532528-9 - Op:1302029 - TE:1019 días - D:46 min Rut:48171562-8 - Op:1302029 - TE:1013 días - D:46 min Rut:49023442-k - Op:1302029 - TE:1013 días - D:46 min
Sala 1 PM	<b>CIRUGIA_OTORRINOLARINGOLOGICA</b> Utilización: 99% Tiempo restante: 1 min Rut:43114656-8 - Op:1302029 - TE:1159 días - D:46 min Rut:49282878-5 - Op:1302029 - TE:1153 días - D:46 min Rut:49794360-4 - Op:1302028 - TE:1045 días - D:42 min	<b>CIRUGIA_DE_CABEZA_Y_CUELLO</b> Utilización: 73% Tiempo restante: 47 min Rut:44937266-2 - Op:1402017 - TE:1013 días - D:118 min	<b>CIRUGIA_PLASTICA</b> Utilización: 95% Tiempo restante: 8 min Rut:45391040-7 - Op:1502027 - TE:889 días - D:157 min	<b>TRAUMATOLOGIA</b> Utilización: 97% Tiempo restante: 4 min Rut:43142686-2 - Op:2104143 - TE:1207 días - D:161 min	<b>CIRUGIA_PLASTICA</b> Utilización: 83% Tiempo restante: 20 min Rut:46375068-8 - Op:1502021 - TE:877 días - D:85 min



## Otros Proyectos

Predicción y manejo de inasistencias en citas médicas (Hospital Dr. Luis Calvo Mackenna, DIGERA Minsal, ...)

Codificación automática de enfermedades (FALP y DEIS de Minsal)

Predicción de *peak* de hospitalizaciones por infecciones respiratorias agudas (Hospital Dr. Luis Calvo Mackenna, DIPLAS Minsal,...)

Modelamiento matemático de procesos epidémicos incorporando estructura poblacional, regional y grupos de riesgo (Fondo Chile - México)

Evaluación de diferencias por sexo en enfermedades laborales en Chile (Fondo FAIR Canadá)



# CMM

Centro de  
Modelamiento  
Matemático

## CMM Minería Digital



## SISTEMA DE MONITOREO DE RIESGO EN TORNO A DEPÓSITOS DE RELAVES FONDEF ID22I10199





# Relaves: el desafío

Existen a lo largo de Chile

- 757 depósitos en total
- 640 inactivos o abandonados





# Relaves: Metodología de monitoreo

## Herramienta computacional

## Plan estratégico

- Desarrollar un sistema de monitoreo de deformaciones e indicadores de riesgo de falla de depósitos inactivos o abandonados, basado en el procesamiento de información satelital y otras variables de entorno.
- Se pondrá a disposición del Estado de Chile, un conjunto de herramientas para anticipar y reducir los riesgos para la población y el medio ambiente.
- Protocolos, manejo de datos, algoritmos e indicadores, que permitan evaluar el riesgo y generar alertas que ayuden en la toma de decisiones.



# Relaves

## Catastro

Se está analizando...

1 **TRANQUE 4**

Depósito(s)

Información general para un depósito seleccionado

1011	INACTIVO	ORO	AGUAS ARRI...	TRANQUE DE...	145920
ID	Estado	Recurso	Método construct...	Tipo de instalación	VOL_AUTORIZADO [...]
218880	2.06				
TON_AUTORIZAD...	Área [Ha]				

2. Seleccionar depósito, dimensiones:

ID	Nombre depósito	Área [Ha]	Altura muro [m]	Ancho coronamiento [m]	Largo coronamiento [m]	Altura revancha [m]
1011	TRANQUE 4	2,06	4	< 2	200	< 1
1022	DESCONOCIDO	2,01	4	0	0	0
1025	DEPOSITO DE RELAVE 3	128,00	11	4	500	0
1032	SANTA LAURA 1	8,01	76	0	540	0
1045	LA AFRICANA 1-2	22,00	31	0	723	0

Observaciones para un depósito seleccionado:

**NO**

¿Hay erosión?

Erosión en surco  
NO

Carcavas  
NO

Grieta de tracción  
NO

Intervención  
SI

Colapso muro  
NO

Erosión interna  
NO

Grieta vertical  
NO

Grieta de secación  
NO

Vegetación  
NO

1. Buscar depósitos por ubicación:

IV Región ELQUI Provincia ANDACOLLO Comuna

Se observa para el depósito seleccionado:

Cercanía a poblado y a otros depósitos **220** metros de distancia de poblado/rio/camino

## Implementación del Catastro en Power-BI

- Herramienta que facilita la visualización de datos.
- Dimensiones del depósito
- Ubicación en mapa
- Observación sobre presencia de erosiones, intervenciones, colapsos y vegetación en depósito.
- Cercanía a Zonas Urbanas o Infraestructuras Críticas.

## Satelital

Medición de deformaciones en la superficie a lo largo del tiempo.

- Utilización de imágenes satelitales Sentinel.



# CMM

Centro de  
Modelamiento  
Matemático

CMM-UChile  
Universidad de Atacama  
GORE Atacama



# CMM-UCHile + UDA y Gobierno de Atacama: oportunidades de colaboración regional

- Conocernos, ampliar y potenciar nuestra colaboración en áreas clave para la región.
- Contribuir a generar equipos de trabajo multidisciplinarios e inter-institucionales para abordar problemas de relevancia regional.
- Colaborar en la articulación público/privada nacional e internacionalmente.



**CMM**

**Centro de  
Modelamiento  
Matemático**



# CMM

Centro de  
Modelamiento  
Matemático

## Centro de Modelamiento Matemático

Copiapó, mayo de 2023