



Instituto
Nacional de
Hidráulica

Ministerio de Obras
Públicas

Gobierno de Chile

REPORTE TÉCNICO 2024-2025

Instituto Nacional
de Hidráulica





Salto del Laja, Región del Biobío.
Latitud: 37°12'56" S Longitud: 72°23'00" O.

Índice

Palabras del director ejecutivo del INH 04

Información institucional INH 06

Nuestro trabajo 17

Estudios destacados 2024-2025 39

Desafíos 2026-2027 50

PALABRAS DIRECTOR EJECUTIVO DEL INH

El **Instituto Nacional de Hidráulica (INH)** ha sido un servicio estratégico para el desarrollo de la infraestructura hidráulica pública en el país. A través de la ejecución de estudios y proyectos de investigación —principalmente en ambientes marinos y fluviales—, ha abordado diversos problemas, incluso en la frontera de la ciencia, mediante herramientas de modelación física y matemática. Estas herramientas han permitido mejorar, entre otros aspectos, el diseño, la estabilidad y la seguridad hidráulica de las obras. Lo anterior combinado con la capacidad de ejecutar mediciones de terreno, han permitido al INH contar con una mirada integral de los proyectos que realiza.

Durante 2024 y 2025 los esfuerzos del servicio se han enfocado en avanzar en los desafíos propuestos en nuestro plan estratégico (gobernanza, capital humano, difusión del conocimiento, e infraestructura y equipamiento), cumpliendo en cada una de nuestras acciones con la misión del instituto y buscando alcanzar progresivamente nuestra visión, la cual es ambiciosa: **ser reconocidos para 2030 como un instituto de excelencia en hidráulica aplicada a nivel latinoamericano.**

Respecto de la infraestructura, durante estos dos años hemos desarrollado un plan de conservación que nos ha permitido mejorar nuestras instalaciones y adecuarlas a los nuevos requerimientos.

En cuanto al equipamiento, nos hemos concentrado en la renovación de maquinaria, equipos e instrumentos, así como del aumento de la capacidad tecnológica, con el objeto de mejorar la calidad de los productos que se entregan, disminuyendo tiempos de desarrollo y costos asociados.



Director Ejecutivo del INH, Emilio Torres Valdebenito.

Este esfuerzo se refleja en los resultados obtenidos de las encuestas anuales de satisfacción que se realizan a nuestros clientes, quienes han destacado las **mejoras en calidad y tiempo en nuestros estudios y proyectos, lo que nos tiene muy contentos y nos desafía aún más para el futuro.**

En relación con los proyectos desarrollados durante este periodo, están los que surgieron a raíz de las emergencias ocurridas en 2023; en particular, los **diagnósticos hidráulicos en los ríos Mataquito y Laja**. En estos proyectos el INH aplicó aspectos innovadores tales como el análisis de amenazas de inundación considerando profundidad y velocidad del agua, —que a futuro serán probablemente incorporados en los planes reguladores—, así como la inclusión de soluciones basadas en la naturaleza (SBN).

Los modelos físicos estuvieron liderados principalmente por el modelo híbrido (físico y matemático) del evacuador de crecidas del Embalse Ancoa (Región del Maule). En este estudio se utilizaron herramientas innovadoras, tales como la modelación numérica tridimensional, para evaluar el diseño de protección de la ribera norte del cauce en el sector de descarga del evacuador de crecidas del embalse.

De igual forma, hemos sumado el **uso de Inteligencia Artificial (IA) a nuestros desarrollos, en particular en la generación de sistemas de predicción de oleaje** para puertos públicos como San Vicente, Valparaíso, Iquique y Arica, contando con una plataforma operativa basada en modelos de propagación de oleaje y algoritmos de IA, utilizando el método *Fourier Neural Operator* (FNO).

Adicionalmente, en este periodo el INH ha dado un fuerte impulso a la **colaboración técnica con distintas instituciones públicas y privadas**, así como a sus redes nacionales e internacionales. De esta forma, se han fortalecido los convenios de cooperación con diferentes universidades del país, tales como la Universidad de Chile, la Universidad Técnica Federico Santa María, la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y la Universidad Adolfo Ibáñez, reforzando el trabajo en conjunto en investigación aplicada. Asimismo, se ha colaborado con organismos nacionales como el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN) e internacionales como el Instituto Nacional del Agua de Argentina y el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas de España, para el desarrollo de proyectos binacionales.

La difusión del conocimiento durante este periodo ha tenido un rol clave para el instituto, a través de la participación de nuestros profesionales con trabajos científicos y exposiciones en seminarios y congresos nacionales e internacionales, tales como el XXXI Congreso Latinoamericano de Hidráulica en Medellín, Colombia; el Seminario de Experiencias Prácticas de Hidroacústica; el X Seminario Internacional de Ingeniería y Operaciones Portuarias; y el Seminario de Marejadas Anormales, entre otros.

También nuestro equipo ha dictado clases formativas y de especialidad tanto en la Academia de Obras Públicas de Chile, como para instituciones públicas, privadas y universidades, tales como la Dirección de Obras Hidráulicas, el Programa de Doctorado en Ingeniería Civil de la Universidad de Chile y la empresa SMI Ingenieros.

De igual manera, se han desarrollado *webinars* internacionales, en los que han participado tanto la Red Nacional de Laboratorios de Ingeniería e Investigación Hidráulica (RNLIH), como la Red de Institutos Nacionales Iberoamericanos de Ingeniería e Investigación Hidráulica (RINI), ambas redes valiosas para el trabajo de investigación del INH.

De vital importancia para nosotros es el trabajo realizado con los colegios y las universidades en la difusión del conocimiento y potenciación de carreras de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM). A través de visitas en nuestras instalaciones, hemos podido mostrar la investigación en la especialidad de ingeniería hidráulica, generar entusiasmo en los estudiantes por las carreras técnicas y transmitir nuestra pasión por esta disciplina.

En definitiva, durante los años 2024 y 2025, hemos desarrollado muchas otras actividades que no alcanzo a abordar en estas palabras, pero que nos tienen muy **satisfechos por el trabajo realizado y motivados por los desafíos que nos esperan** en los próximos años.



INFORMACIÓN INSTITUCIONAL INH



QUIÉNES SOMOS

El INH es una corporación autónoma de derecho público, que se relaciona con el Gobierno a través del Ministerio de Obras Públicas (MOP), asesorando a todas sus direcciones dependientes vinculadas a la gestión del agua y a la ejecución de obras públicas hidráulicas.



Equipo del INH que participó en los ensayos del modelo físico del embalse Ancoa en 2025.

Desde su fundación en 1967, se ha consolidado como el único instituto tecnológico público de Chile dedicado a asesorar tanto a instituciones públicas como privadas en el estudio de la infraestructura hidráulica estratégica para el desarrollo del país.



Equipo INH.

64.000 m²

Ubicación: comuna de Peñaflor (RM)

El INH cuenta con instalaciones experimentales y laboratorios de modelación física y calibraciones, diseñados para abordar el estudio de las principales problemáticas hídricas.

El INH ha desarrollado estudios especializados en marejadas, inundaciones, puertos, embalses, aluviones y servicios de aforos a lo largo de todo el territorio nacional.



Modelo físico del Parque Inundable Víctor Jara.

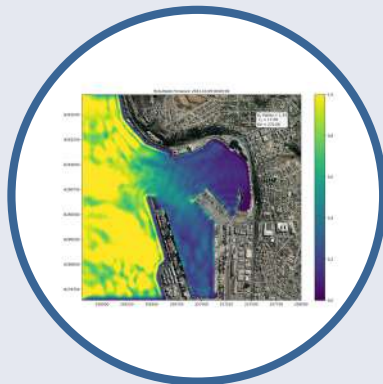
MISIÓN

Desarrollar estudios e investigación aplicada de proyectos de infraestructura hidráulica, con un enfoque integral y criterios sostenibles, contribuyendo con ello a dar respuestas a los desafíos del país.

NUESTROS SERVICIOS

■ ■ MODELOS A ESCALA REDUCIDA

La **modelación física** es una herramienta clave para **verificar el diseño de obras hidráulicas complejas y medir variables críticas difíciles de monitorear a escala real**. Permite analizar la efectividad de obras de protección, transporte de sedimentos, inestabilidades superficiales, estabilidad costera y desbordes de ríos.

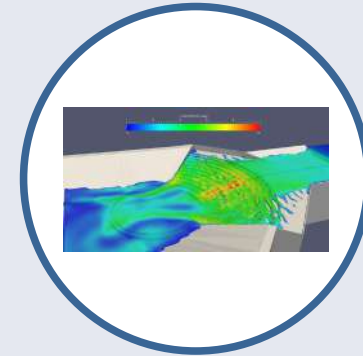


■ ■ MODELACIÓN NUMÉRICA

Esta herramienta computacional evalúa la dinámica de fluidos simulando y resolviendo sus ecuaciones rectoras mediante aproximaciones numéricas. Permite aplicar simplificaciones matemáticas para optimizar los tiempos de ejecución.

■ MODELACIÓN HÍBRIDA

El INH **combina la modelación numérica y física** para resolver problemáticas complejas en sistemas hídricos. Este enfoque permite evaluar computacionalmente una gran cantidad de alternativas y, posteriormente, construir un modelo físico en laboratorio para validar y optimizar la opción con mejor funcionamiento.



■ CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE FLUJO

El INH cuenta con un laboratorio acreditado hasta 2031 bajo la norma **NCh-ISO/IEC 17025:2017**. Ofrece servicios de calibración de canal abierto para medidores de velocidad y de ducto cerrado para medidores ultrasónicos. También realiza la calibración de flujómetros electromagnéticos y ensayos de rendimiento de bombas hidráulicas.

■ LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y TOPOBATIMÉTRICO

El INH realiza diversos tipos de levantamientos en terreno. Entre sus capacidades destacan:

- **Levantamientos taquimétricos** con estación total.
- **Escáner láser** y topografías **LiDAR**.
- **Levantamientos batimétricos** mediante sistemas vehiculares no tripulados (USV).
- **Posicionamiento satelital** de alta precisión con tecnología GNSS-RTK.



■ MEDICIONES DE FLUJO

Servicio enfocado en la medición de caudales y la contrastación de equipos en terreno. Los principales productos del INH incluyen:

- Medición de flujo y caudales en secciones de control.
- Cálculo de curvas de descarga para calibración *in situ*.
- Ensayos y mediciones por contrastación bajo la norma **NCh 3205**.



■ MEDICIONES OCEANOGRÁFICAS

Estudios esenciales para comprender la dinámica costera, con aplicaciones clave en la ingeniería portuaria y la actividad pesquera. El INH dispone de equipamiento tecnológico avanzado, que incluye **cuatro correntómetros ADCP**.

■ FOTOGRAMETRÍA

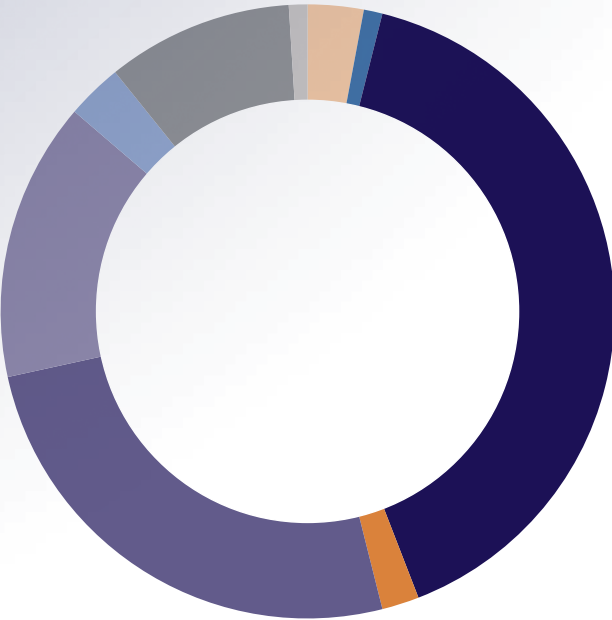
El INH realiza levantamientos aerofotogramétricos para generar modelos tridimensionales de grandes áreas en tiempos reducidos. Los principales productos ofrecidos por el instituto son los siguientes:

- Modelos Digitales de Elevación (MDE) y Terreno (MDT).
- Ortomosaicos y curvas de nivel.
- Cubicaciones y movimiento de tierras.
- Catastro y cartografía.



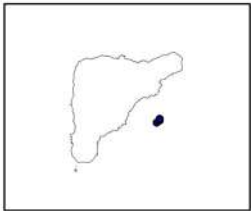
MAPA DE ESTUDIOS

En sus 58 años de historia, el INH ha desarrollado estudios hidráulicos relacionados con marejadas, inundaciones, puertos, embalses, aluviones, infraestructura hidráulica y servicios de aforos y calibraciones, a lo largo de todo Chile.



ESTUDIOS POR TEMÁTICA

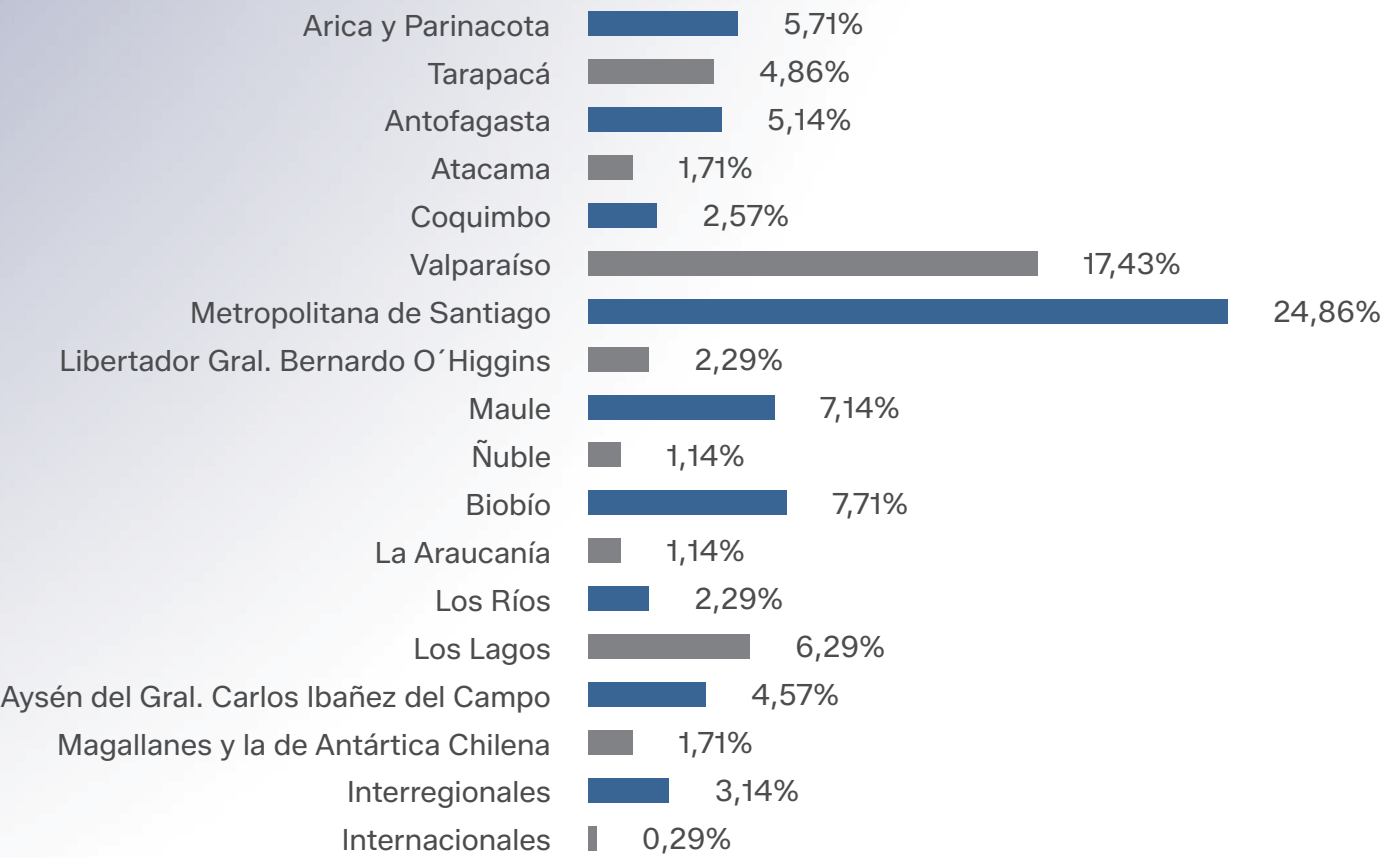
- 26% ■ Hidráulica de ríos
- 15% ■ Infraestructura hidráulica
- 3% ■ Recursos hídricos e hidrogeología
- 10% ■ Mediciones en terreno relativos a la hidráulica
- 1% ■ Medio Ambiente
- 3% ■ Aforos y calibraciones de instrumentos
- 1% ■ Hidráulica aluvional
- 41% ■ Hidráulica de marítima costera y puertos
- 2% ■ Otros



Ubicación estudios realizados por el INH (1967-2025)

- Hidráulica de marítima costera y puertos
- Hidráulica aluvional
- Hidráulica de ríos
- Infraestructura hidráulica
- Recursos hídricos e hidrogeología
- Medio Ambiente
- Mediciones en terreno relativos a la hidráulica
- Aforos y calibraciones de instrumentos
- Otros

ESTUDIOS POR REGIÓN



Modelo físico del Parque Inundable Víctor Jara.

INSTALACIONES

Instalaciones del laboratorio de hidráulica de Peñaflor



Vista general de la parcela INH.

Laboratorios de modelación física



Vista interior del laboratorio.



Laboratorio de calibración y prueba de bombas centrífugas

1.250 m²

Capacidad hasta

- 300 m³/h
- 100 KW
- 16 bar



Canal de calibración

Único laboratorio en Chile acreditado en la magnitud de flujo líquido en canal abierto.

- Largo útil: 70 m
- Ancho: 1,5 m
- Profundidad: 1,5 m



Canal bidimensional de olas

- Largo útil: 45 m
- Ancho: 1,5 m
- Altura: 1,8 m
- Cuenta con paleta 2d VTI con absorción dinámica



Canal experimental de socavación en pilas

- Largo útil: 15 m
- Ancho: 1,5 m
- Pendiente variable entre 0 y 7%
- Caudal máximo 600 l/s

CONSEJO INH

El Consejo INH tiene un **rol estratégico** en la institución. En conjunto con la Dirección Ejecutiva, define los lineamientos del actuar del instituto, vela por la marcha correcta de sus servicios y supervisa la ejecución de la planificación e inversiones propuestas anualmente por la Dirección. Este órgano para el año 2026 está conformado por:

Joaquín Daga Kunze

Director General de Obras Públicas y presidente del Consejo

Arnaldo Recabarren Pau

Representante de la Dirección de Obras Hidráulicas

Jorge Rivas Chaparro

Superintendente de Servicios Sanitarios

Oliver Weinreich Román

Representante de la Dirección de Obras Portuarias

Macarena Aljaro Inostroza

Representante del Vicepresidente de la Corporación de Fomento de la Producción

Yarko Niño Campos

Representante del Presidente de la República vinculado con la docencia universitaria



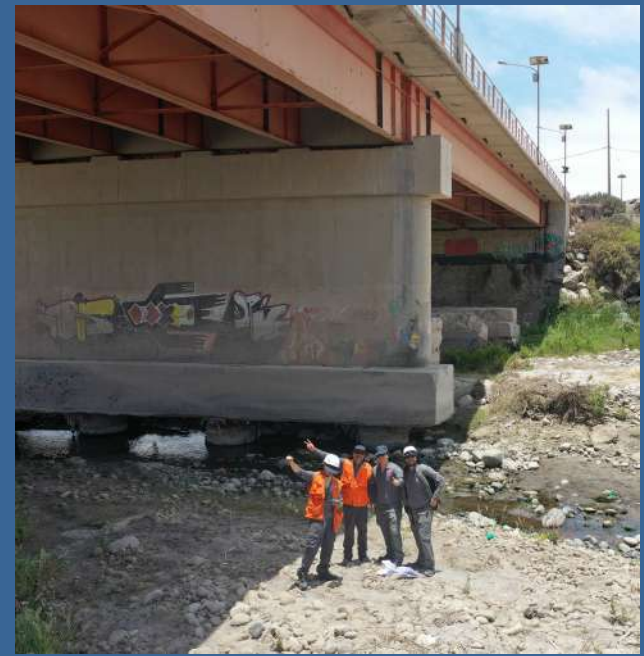
Consejo INH.



DIRECTOR EJECUTIVO INH

Emilio Torres Valdebenito es ingeniero civil industrial de la Universidad Técnica Federico Santa María, posee un M.Sc. en *Water Resources Management de la University of Applied Sciences FH-Nordostniedersachsen Suderburg (Alemania)* y es doctor en Ciencias de la *Leuphana Universität Lüneburg (Alemania)*.

Cuenta con más de 20 años de experiencia en instituciones públicas y privadas, desempeñándose en planificación y gestión de recursos hídricos, proyectos hidráulicos, aguas lluvias, manejo de cauces, modelación hidrológica e hidrogeológica, modelación hidráulica y procesos industriales, modelación del comportamiento de RILes y contaminación de aguas.



CAPITAL HUMANO INH

54
funcionarios

37
hombres

17
mujeres

47
edad
promedio

17
ingenieros e
ingenieras

8
ingenieros e
ingenieras con
posgrado

3
candidatos a
Doctor

1
Doctor





**NUESTRO
TRABAJO |**

UNIDADES TÉCNICAS



INGENIERÍA Y DESARROLLO

Gestión de estudios

Liderazgo técnico y administrativo de los estudios y asesorías hidráulicas de la institución, definiendo metodologías y enfoques técnicos, así como la conformación de equipos de técnicos y profesionales expertos en hidráulica y asesores senior.



I+D+i

Investigación e Innovación

Desarrollo de líneas investigativas y articulación de iniciativas de investigación de toda la institución, así como con organizaciones externas, universidades y centros tecnológicos para desarrollos conjuntos. Generación de procesos y métodos innovadores; y desarrollo de nuevas y mejores herramientas a utilizar en estudios y asesorías.

UNIDADES TÉCNICAS



OPERACIONES

Modelación física y trabajos de campo

Desarrollo de levantamientos topobatimétricos y mediciones de campo de variables hidráulicas, en zonas marítimas o fluviales, a lo largo de todo. Desarrollo de los modelos de terreno.

Construcción de modelos físicos a escala reducida con técnicas avanzadas y de alta precisión, de grandes y medianas obras hidráulicas; y la implementación de equipamiento de medición para el correcto registro de las variables hidráulicas de los modelos, así como de las instalaciones experimentales existentes (canal de olas, de calibración, de socavación de pilas).



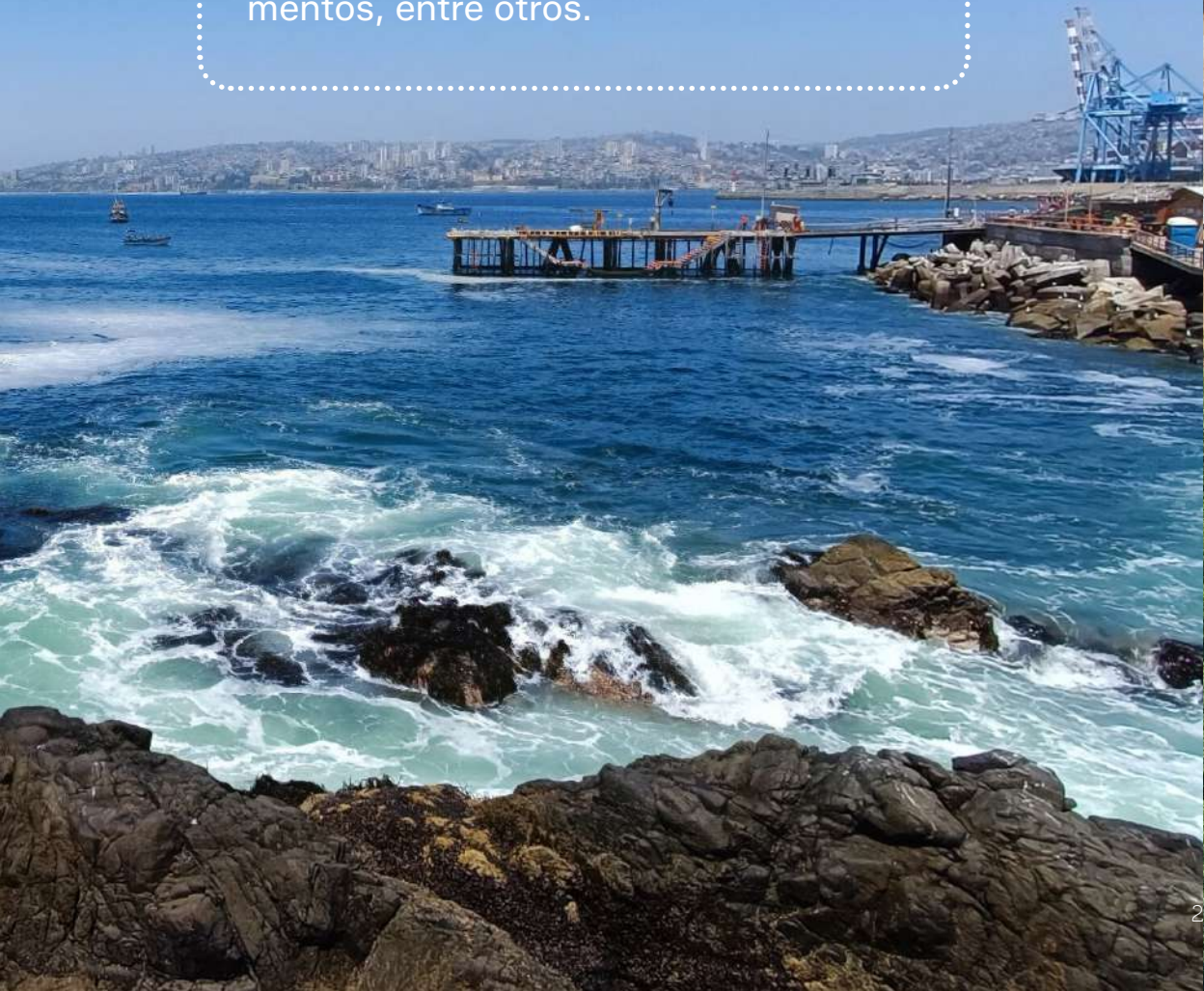
CALIBRACIONES E INSTRUMENTACIÓN

Calibraciones bajo la norma ISO 3455:2021 acreditado por el INN

Calibración de instrumentos de medición de caudal utilizados para la medición en canales abiertos y ductos cerrados en presión, con trazabilidad al sistema internacional de unidades. Ensayos de bombas centrífugas, con instalaciones y equipamiento único en el país. Acreditados por el INN para calibraciones en canal abierto y ducto cerrado bajo la norma ISO 3455:2021.

Hidráulica marítima

El INH estudia infraestructura costera y portuaria, tales como estudios de verificación de diseño de obras marítimas y/o su optimización, de comportamiento de buque atracado; y de corrientes, oleaje, mareas y transporte de sedimentos, entre otros.



Hidráulica fluvial

El INH analiza inundación en cauces; obras hidráulicas y puentes; eventos aluvionales/lahares y estudia la dinámica de cauces y estuarios. Por otro lado, asesora técnicamente como contraparte técnica y peritajes.

Del modelo a la realidad: **Cómo el INH optimiza las grandes obras hidráulicas del país**



IMAGEN IZQUIERDA. Canal bidimensional de olas.
 IMAGEN DERECHA. Paleta 2D.

Para quienes requieren resolver problemas complejos dentro del campo de la ingeniería hidráulica, es imprescindible contar con modelos físicos, cuya validez y exactitud no tienen comparación. El INH es pionero y proveedor de este servicio en Chile. Desde la década de 1950, todos los proyectos —especialmente las grandes obras de infraestructura hidráulica pública— requieren ajustes de diseño previos a su construcción, de acuerdo con la realidad de su entorno.

La reproducción de la naturaleza en un modelo físico permite que, aun cuando no se conozcan por completo las leyes que gobiernan un fenómeno y por ende no sea posible replicarlo adecuadamente solo mediante ecuaciones matemáticas, sí se pueda reproducir a escala y de esta forma, se logre plantear y resolver de manera integral las ecuaciones que mejor lo representan. Incluso, sobre la base de las observaciones registradas en el modelo físico, se puede plantear un análisis teórico del problema, que a su vez puede ser modelado numéricamente, contemplando las ecuaciones desarrolladas en dicho análisis, y luego ser validadas con mediciones de campo.

En el INH desarrollamos modelos físicos que permiten ampliar las posibilidades de realizar mediciones, extrapolaciones y repetición de escenarios que se encuentran en la frontera de la ciencia, los cuales son difíciles de obtener desde la naturaleza, tanto por su excepcionalidad como por la dificultad de realizar mediciones directamente en ella.

Los resultados permiten ajustar y mejorar los modelos numéricos asociados. Por ello, la modelación física es una de las herramientas más importantes en la investigación aplicada, ya que permite obtener una comprensión integral de los procesos físicos que se estudian.

En la actualidad, la modelación física está unida a la modelación matemática, dentro del concepto denominado **modelación híbrida**, la cual aplicamos en el INH con el objetivo de optimizar las obras que se estudian, tanto en seguridad como en costos de inversión.

Se debe tener presente que, aunque los modelos numéricos han ganado espacio para estudiar diferentes condiciones hidráulicas, estos siguen requiriendo la validación de sus resultados, la cual es proporcionada por los modelos físicos a un costo significativamente menor que el de los ensayos e investigaciones directas en terreno.

Respecto a la infraestructura destinada a la modelación física, el INH cuenta con dos galpones equipados con tecnología avanzada, como un generador de oleaje artificial. Dentro de estos espacios se desarrollan modelos físicos en 3D orientados a:

- **Obras marítimas y portuarias:** Verificación de diseños, análisis del comportamiento de buques atracados e investigación de corrientes, oleajes, mareas y transporte de sedimentos.
- **Energías renovables:** Evaluación del potencial energético por oleajes y mareas.
- **Obras fluviales e hidráulicas:** Modelación en 3D de estructuras fluviales, aluvionales, sistemas de conducción y manejo de aguas lluvias, embalses y evacuadores de crecidas, entre otros.



IMAGEN IZQUIERDA. Paleta 3D.

IMAGEN DERECHA. Generación de oleaje.

Se pueden construir modelos marítimos en escala de 1:50 a 1:100, dependiendo de la batimetría y de la dirección del oleaje. En el caso de modelos fluviales, las escalas para conducciones urbanas varían de 1:15 a 1:25 y en cauces van de 1:40 a 1:100, dependiendo del caudal de transporte del río.

Por otro lado, el INH posee un **canal bidimensional de olas** de 45 m de largo útil, 1,5 m de ancho y 1,8 m de altura, equipado con un generador de oleaje. Por su tamaño, es único en Chile y permite simular la acción del oleaje en forma perpendicular a las estructuras y estudiar, por ejemplo, el caudal de sobrepaso y la estabilidad del perfil de diques de escollera, con modelos en escalas de 1:30 a 1:50.



Estudio del puerto de gran escala de San Antonio, Región de Valparaíso.

La modelación física como inversión estratégica: **desafíos y certezas en la infraestructura hidráulica**



Estudio Rompeolas Nicaragua.

La modelación física a escala reducida es la técnica apropiada para estudiar el comportamiento de flujos que presentan dinámicas complejas o fenómenos como el transporte de sedimentos en ríos, la socavación local en pilas de puentes, o la interacción flujo-estructura en obras costeras protegidas por enrocados u otros elementos de coraza. Todos los fenómenos anteriormente mencionados requieren resolver múltiples variables, alcanzando un grado de complejidad tal que las hipótesis simplificadoras de la modelación numérica o de las formulaciones empíricas dejan de ser suficientes para representar la realidad, con la confiabilidad requerida en la fase de desarrollo del proyecto.

Respetando las leyes de similitud, **el modelo físico reproduce a escala reducida la topobatimetría del sitio, estructuras, sedimentos del lecho y otros elementos, permitiendo que las variables físicas interactúen sin necesidad de simplificar los procesos gobernantes.** El resultado no es una aproximación calculada, sino un fenómeno físico que se puede observar y medir, situación altamente favorable para la presentación, difusión y comprensión de los resultados de los ensayos experimentales. Destaca la capacidad de la modelación física para:

- Reducir el sobredimensionamiento de las obras.
- Detectar de forma temprana las fallas de diseño.
- Optimizar proyectos mediante la iteración entre los ensayos experimentales y el diseño de alternativas.
- Disminuir los riesgos durante la vida útil de las obras.

A partir de la observación de distintos modelos físicos desarrollados en el INH, se han detectado fenómenos hidráulicos inesperados que motivaron modificaciones de diseño de gran impacto para los proyectos. Un ejemplo es el caso del **estudio realizado en 2017 para proponer obras de desvío de un flujo aluvional en el sector de la Quebrada Macul en la Región Metropolitana.**

La problemática abordada se situaba en las fronteras de la investigación y fue resuelta a partir de ensayos experimentales: primero para lograr la generación de uno o más pulsos aluvionales, luego para comparar alternativas de distintas tipologías de obras de desvío, y finalmente, para cuantificar la capacidad de las obras propuestas con el fin de reducir los efectos de estos eventos extremos que afectan a las poblaciones aledañas.

Un caso similar se presentó en 2019 en la validación del diseño de un rompeolas de berma ubicado en Nicaragua, compuesto por rocas de densidad específica menor a la estándar utilizada en estas obras, las cuales estaban disponibles en canteras cercanas. La verificación mediante modelación física de esta propuesta de diseño generó una reducción significativa de los costos del proyecto, debido al ahorro en el traslado de rocas de mayor densidad que se encontraban a grandes distancias de la obra.

En conclusión, la modelación física es una **inversión estratégica indispensable** para el desarrollo de la infraestructura hidráulica, al disminuir riesgos que podrían comprometer la seguridad, la funcionalidad y la vida útil de estas obras. A modo de referencia, tomando en cuenta los datos de 9 estudios del INH, **la inversión en modelación física no supera el 1,5% del presupuesto de construcción de los proyectos, y en promedio es menor al 0,4%.**

En 1989, el Bureau of Reclamation señaló: "La modelación física ha jugado un rol significativo y esencial en el desarrollo de estructuras hidráulicas alrededor del mundo. La confianza de la humanidad a la hora de construir proyectos de recursos hídricos como Hoover, Grand Coulee, Itaipú, Tarbela, Kariba y muchas otras grandes estructuras hidráulicas se ha visto respaldada por las pruebas de verificación realizadas en laboratorios hidráulicos de todo el mundo".

Con innovación, equipamiento de alto estándar, profesionales dedicados, y en el marco de una gestión administrativa que facilite la inversión y el desarrollo de modelos físicos en la fase de diseño oportuna de los proyectos, el INH reafirma su compromiso de seguir cumpliendo esta labor para **garantizar obras públicas y privadas más seguras, eficientes y sostenibles para el futuro del país.**



Modelo Quebrada de Macul, Región Metropolitana.

High-performance computing: Los nuevos gigantes del INH

Dos bestias metálicas silenciosas, cada una con cientos de corazones palpitantes. Así son los nuevos computadores de modelación numérica adquiridos por el INH en 2025. Entre ambos, el instituto tiene una capacidad que hace pocos años era ciencia ficción.

- **El primero tiene 192 núcleos de procesamiento AMD**, 384 GB de memoria RAM, una tarjeta gráfica NVIDIA RTX 6000 Ada de 48 GB y un almacén de datos de 18 terabytes.
- **El segundo cuenta con 256 núcleos**, la misma memoria, pero incorpora cuatro tarjetas NVIDIA L40S con 184 GB de memoria gráfica.

¿Y qué hace el INH con esta potencia? Modela, utilizando software libre como **OpenFOAM, TELEMAC, SWAN, FUNWAVE, XBEACH, REEF3D y DUALSPHYSICS** para simular desde olas del océano hasta flujos turbulentos y laminares de fluidos no newtonianos.

Cada *software* tiene su especialidad:

- **WaveWatch III y SWAN** dominan el océano abierto.
- **FUNWAVE y XBEACH** atacan la zona costera.
- **OpenFOAM (FVM), TELEMAC (FEM) y REEF3D (FDM)** resuelven la hidrodinámica compleja.
- **DUALSPHYSICS** discretiza el mundo mediante partículas (SPH).

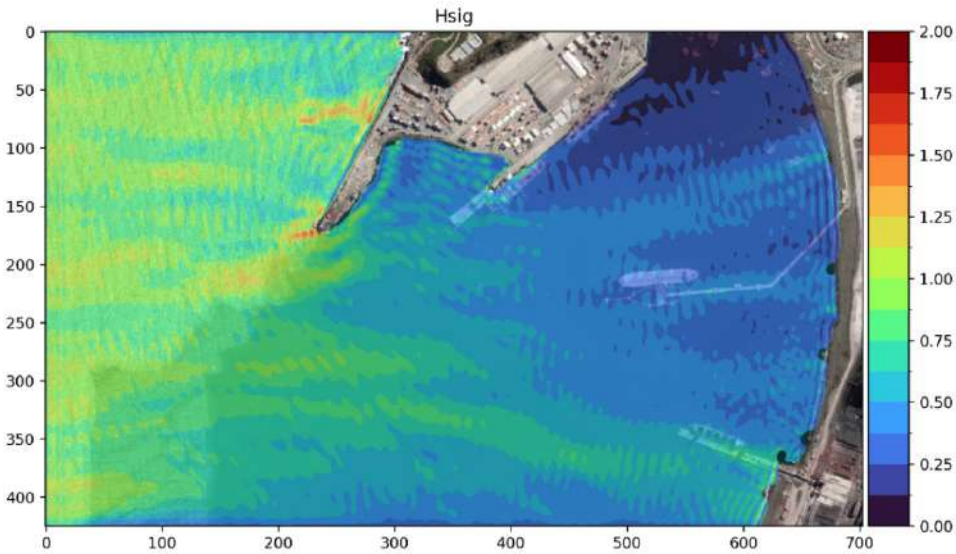
De esta manera, el INH abarca los cuatro enfoques más populares para la solución de ecuaciones diferenciales: **FDM** (Diferencias Finitas), **FEM** (Elementos Finitos), **FVM** Volúmenes Finitos, y **SPH** (Hidrodinámica de Partículas Suavizadas).

El INH construye sus modelos basados en la calibración y la validación, apoyándose en los datos de campo y las mediciones del laboratorio, lo que permite minimizar la incertidumbre.

Adicionalmente, en el último año, el equipo de I+D+i ha desarrollado *solvers* propios en OpenFOAM e implementado condiciones de borde especiales en TELEMAC para ajustarse de la mejor manera a los problemas de ingeniería hidráulica.

Ahora, **el INH explora la inteligencia artificial (IA)**. Tensorflow y PyTorch prometen acelerar los modelos mediante redes neuronales. La meta: que las simulaciones conversen con la IA y se retroalimenten mutuamente.

Con estos gigantes, el INH está listo para resolver problemas que hace poco eran imposibles, usando millones de elementos y logrando tiempos muy reducidos en el proceso de modelación.



Sistema de predicción de oleaje del puerto de San Vicente, Región del Biobío.

Modelación hidráulica híbrida: integrando la experimentación física y la simulación numérica para enfrentar desafíos complejos de la ingeniería



Validación del modelo físico y modelo matemático del embalse
Ancoa vs. la crecida del 26 de junio de 2023.

La evolución de la ingeniería hidráulica durante las últimas décadas ha estado marcada por el desarrollo paralelo de nuevas capacidades experimentales y herramientas computacionales de alto desempeño. En este contexto, la **modelación hidráulica híbrida**, entendida como la integración de modelos físicos a escala reducida con modelos numéricos, se ha consolidado como una metodología de referencia para el **estudio de fenómenos hidráulicos complejos y para el diseño de obras de infraestructura de alto impacto económico, ambiental y social**.

Los avances en capacidad de cómputo, técnicas de simulación tridimensional y procesamiento masivo de datos han ampliado considerablemente el campo de aplicación de la modelación numérica. Actualmente es posible analizar grandes extensiones territoriales, evaluar múltiples escenarios hidrológicos e hidráulicos y simular procesos altamente variables en tiempos de cálculo cada vez menores. Sin embargo, existen fenómenos donde la interacción entre el flujo, las estructuras y el transporte de sedimentos presenta niveles de complejidad que aún requieren validación experimental para reducir la incertidumbre de los resultados.

El **U.S. Army Corps of Engineers (USACE)** reconoce que existen problemas de ingeniería para los cuales la combinación de modelación física y numérica constituye la estrategia más adecuada, denominando este enfoque como **hybrid modelling**. Entre estas aplicaciones destacan el **diseño de vertederos, obras portuarias, estructuras disipadoras de energía, protección de riberas y problemas asociados a socavación, donde la representación física permite complementar las de las simulaciones computacionales, entregando parámetros de calibración y disminuyendo las incertidumbres**.

De manera similar, **HR Wallingford** y la **International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR)** han promovido el concepto de **composite modelling**, señalando que ambos enfoques no deben entenderse como metodologías competitivas, sino complementarias. Sus investigaciones concluyen que la integración entre modelos físicos y numéricos permite resolver problemas que difícilmente podrían abordarse mediante una única herramienta, **incrementando la calidad de los resultados, disminuyendo la incertidumbre y optimizando los procesos de diseño.**

En una estrategia de modelación híbrida, ambas metodologías interactúan de manera continua durante el desarrollo del estudio. Los modelos numéricos permiten caracterizar las condiciones iniciales y de borde, explorar rápidamente numerosas alternativas de diseño y analizar escenarios futuros asociados, por ejemplo, al cambio climático o a eventos extremos.

Posteriormente, los modelos físicos posibilitan observar directamente el comportamiento hidráulico de las soluciones seleccionadas, validar los resultados numéricos y estudiar procesos altamente tridimensionales, como la generación de turbulencia, la aireación del flujo, el impacto del oleaje, la interacción flujo-estructura, la estabilidad de elementos de protección y el transporte de sedimentos.

A su vez, la información experimental obtenida en laboratorio constituye un insumo de gran valor para calibrar y validar modelos numéricos avanzados,

mejorando su capacidad predictiva y aumentando la confiabilidad de las simulaciones posteriores.

El INH ha incorporado nuevas tecnologías para fortalecer aún más este enfoque integrado, generando bases de información topográfica y batimétrica de alta calidad mediante la utilización de escáneres láser, levantamientos LiDAR, drones fotogramétricos, sensores ópticos de alta resolución, e instrumentación a través de sistemas de adquisición automática de datos, técnicas de procesamiento de imágenes, impresión 3D, router CNC y la inversión en plataformas de computación de alto desempeño (HPC), lo que ha permitido reducir los tiempos de construcción de modelos, aumentar la precisión geométrica y mejorar la calidad de la información utilizada tanto en la experimentación física como en la simulación numérica.

En este escenario, la modelación hidráulica híbrida representa una evolución natural de las herramientas tradicionales de la ingeniería hidráulica. Este enfoque resulta especialmente relevante en proyectos donde **una decisión de diseño puede implicar importantes inversiones y donde la reducción de la incertidumbre constituye un factor determinante para garantizar la seguridad, resiliencia y sostenibilidad de la infraestructura hidráulica.**

El INH apuesta por la inteligencia artificial agéntica local

Los nuevos clústeres *high-performance computing* (HPC) del Instituto Nacional de Hidráulica, adquiridos en 2025, representan una apuesta estratégica que posiciona al INH a la vanguardia de la inteligencia artificial (IA) agéntica local.

El ecosistema de modelos

El INH ha desplegado un ecosistema diversificado de modelos de lenguaje: Llama y Gemma para capacidades generales, Qwen Code, Qwen 3.5 122B de 122 miles de millones de parámetros para programación y MiniMax 2.5 450B con 450 miles de millones de parámetros como modelo de mayor capacidad operando íntegramente en sus servidores.

Implementación técnica

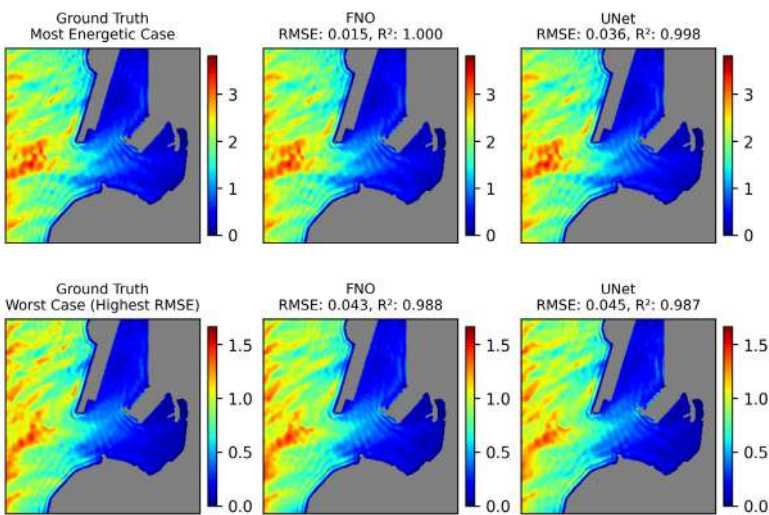
El *stack* descansa sobre Llama.cpp para inferencia eficiente, LM Studio como interfaz de gestión, y *virtual large language model* (vLLM) para despliegue de alto rendimiento. Opencode se integra como entorno de desarrollo, mientras que terminales inteligentes potenciadas por *large language model* (LLM) automatizan flujos de trabajo.

Casos de uso

La automatización de tareas críticas es el objetivo central. El análisis de datos de laboratorio se simplifica mediante agentes que interpretan resultados, mientras que el pre y postproceso de modelos como OpenFOAM, TELEMAC y SWAN se benefician de asistentes IA. Así, la integración entre simulación e inteligencia artificial es ya una realidad operativa.

Visión institucional

El INH está alineado con la vanguardia tecnológica. La estrategia se fundamenta en el desarrollo de agentes especializados y *skills* propios, diseñados para los desafíos únicos de la ingeniería hidráulica. El personal del instituto está especializado en su uso no sólo a nivel usuario, sino como desarrolladores, capaces de implementar modelos de lenguaje especializados en las soluciones hidráulicas.



Comparación de resultados de propagación de oleaje en puerto, utilizando IA.

IA: El nuevo vigía que predice el oleaje en segundos

En Chile, existe un puerto donde cada ola que entra debe ser calculada con precisión milimétrica. Así es el Puerto de San Antonio, en la Región de Valparaíso donde un cañón submarino de 90 metros de profundidad se adentra hasta casi la entrada del puerto, actuando como una lente que modifica radicalmente el comportamiento de las olas. Modelar este lugar con métodos tradicionales significa esperar horas para obtener resultados.

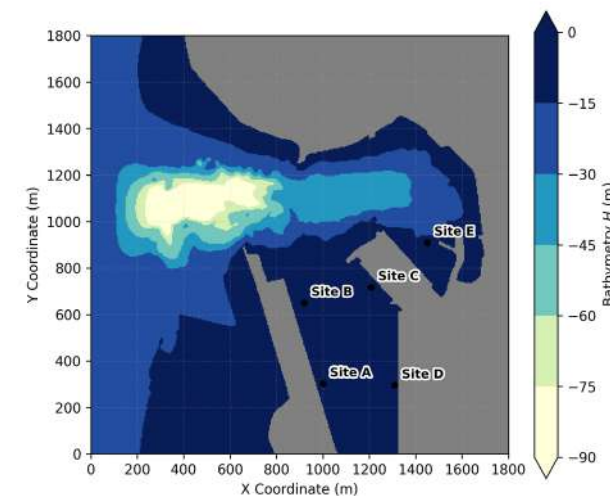
La innovación llega de la mano del **Fourier Neural Operator (FNO)**. Esta inteligencia artificial (IA) aprende de las simulaciones de tipo Boussinesq, de modo que a partir de miles de simulaciones previas, logra predecir cómo se comportará el oleaje casi instantáneamente, con una velocidad de inferencia por caso menor a 1 segundo.

Los resultados son impresionantes. La IA alcanza un 99% de precisión ($R^2 > 0.99$) en predecir la altura de las olas, con errores menores a 5 cm en el peor caso. Lo que antes tomaba horas en complejas simulaciones usando los *High-Performance Computing* (HPC), ahora toma unos pocos segundos en un computador convencional. Esto no sólo genera un ahorro de tiempo, también un ahorro significativo de energía.

En 2024 y 2025, el INH implementó esta tecnología, en cuatro sistemas de pronóstico estatales permitiendo además que el servicio sea operado por el mismo puerto, un modelo de negocio distinto a lo establecido tradicionalmente, en donde el puerto sólo recibe la información. En esta nueva implementación los puertos pueden administrar por sí solos el pronóstico instalando un

sistema modular en sus servidores, de bajo costo computacional, y con una resolución que permite obtener el pronóstico al interior del puerto, con una resolución inmejorable.

El servicio de pronóstico entregado por el puerto, puede ser relevante para salvar vidas en playas cercanas, si se comparte en línea la información. De esta manera, **el INH busca desarrollos que permitan estar en el estado del arte y con predicciones instantáneas**, para que los barcos puedan planificar sus maniobras de entrada y salida con confianza, **reduciendo esperas y optimizando las operaciones portuarias**.



Batimetría del puerto de San Antonio, Región de Valparaíso.

SERVICIO DE CALIBRACIÓN Y ENSAYOS DEL INH

El INH ofrece un sólido respaldo metrológico que garantiza la trazabilidad y validez de sus mediciones, tanto a nivel nacional como internacional. El laboratorio opera bajo la norma **ISO/IEC 17025:2017**, acreditada por el Instituto Nacional de Normalización (INN), y realiza ensayos de bombas centrífugas según la norma **NCh 686 Eof.70**. Estos servicios son fundamentales para optimizar las maquinarias hidráulicas de las principales cadenas productivas del país, así como para asegurar la precisión de la instrumentación utilizada en los modelos físicos y mediciones de campo del propio instituto.

La infraestructura tecnológica del laboratorio se divide en cuatro áreas especializadas:

- **Banco de ducto cerrado:** Destinado a la calibración de medidores de caudal en tuberías, incluyendo flujómetros electromagnéticos, ultrasónicos (por tiempo de tránsito y efecto Doppler) y de inserción magnética.
- **Banco de calibración para canal abierto:** Calibración de instrumentos de velocidad de flujo como molinetes de hélice, magnéticos y sensores de área-velocidad. El INH es el **único laboratorio en Chile acreditado ante el INN en flujo líquido en canal abierto** (método comparativo basado en la norma ISO 3455:2007).
- **Banco de ensayo de bombas centrífugas horizontales:** Diseñado para evaluar equipos con capacidades de flujo de hasta 300 m³/h, potencias de hasta 100 kW y presiones de hasta 16 bares de columna de agua.
- **Banco de ensayo de bombas verticales y sumergibles:** Orientado al análisis de este tipo de maquinaria, operando bajo las mismas capacidades técnicas de hasta 300 m³/h, potencia de 100 kW y 16 bares de presión.



Banco de calibración de ducto cerrado.



Banco de calibración canal abierto.

CALIDAD Y PROYECCIÓN INSTITUCIONAL

Tras un riguroso proceso de auditoría técnica y administrativa realizado durante 2024 y 2025, el INH **renovó con éxito su acreditación ante el INN hasta el año 2031**. Actualmente, el instituto se encuentra ejecutando un plan para ampliar dicha acreditación, incrementando tanto la variedad de equipos cubiertos como los rangos de medición disponibles. Para sostener este estándar de excelencia, los patrones de referencia del laboratorio se calibran periódicamente en instituciones metrológicas líderes de España, México y Chile.



Banco de ensayo de bombas centrífugas horizontales.



Banco de ensayo de bombas verticales y sumergibles.

ÁREA DE OPERACIONES: CAPTURA DE DATOS Y MEDICIONES

El INH realiza mediciones críticas tanto en terreno como en laboratorio (modelos a escala reducida) con el fin de recolectar la información de entrada para sus estudios y validar los ensayos de los diversos proyectos que elabora. Profesionales altamente calificados y equipamiento tecnológico avanzado en los ámbitos de la geodesia, topografía, aerofotogrametría, hidrometría y oceanografía, permiten entregar soluciones precisas en los más diversos escenarios geográficos y climáticos.

GEODESIA Y TOPOGRAFÍA

En el ámbito geodésico, el INH materializa sistemas de transporte de coordenadas mediante equipos GNSS geodésicos, niveles de ingeniero y estaciones totales, garantizando la georreferenciación exacta de los trabajos topobatiométricos. Para tareas de detalle, se combinan metodologías tradicionales con tecnología aérea de drones (sensores ópticos y láser) para levantamientos aerofotogramétricos y LiDAR, generando nubes de puntos densas, ortomosaicos rectificados y modelos digitales de elevación base para análisis espaciales. A este grupo de equipos de última tecnología se suma la adquisición de un **escáner láser**, específicamente para el levantamiento de alta precisión de infraestructura en terreno.



IMÁGENES. Escaneo recinto San Nicolás, Aguas Andinas.

BATIMETRÍA

Para el levantamiento del relieve subacuático, el INH cuenta con ecosondas tradicionales y tecnología autónoma de vanguardia. Durante 2025, se incorporó un vehículo de superficie no tripulado (**bote USV**) con sensor monohaz, el cual permite realizar batimetrías de forma automatizada, rápida y segura, incrementando significativamente las capacidades operativas del instituto.

HIDROMETRÍA

Destaca la ejecución de aforos de caudal mediante flujómetros inductivos — calibrados en el canal bidimensional del INH— y sistemas ADP. Asimismo, se integra el uso del sistema **RiverSurveyor**, plataforma tecnológica empleada para realizar mediciones de flujo y caudales en cauces naturales como ríos y esteros, calcular curvas de descarga para calibración in situ y efectuar mediciones por contrastación bajo la norma NCh 3205.

OCEANOGRAFÍA

El instituto monitorea variables hidráulicas de alto interés como corrientes, oleaje y mareas en zonas costeras y portuarias. Estas operaciones se ejecutan utilizando **sistemas ADCP** (perfiladores de corriente acústicos Doppler) y mareógrafos, entregando información robusta para el diseño ingenieril y el entendimiento de los procesos costeros.



IMAGEN SUPERIOR. Aforo de caudal, Codelco.
IMÁGENES INFERIORES. Levantamiento LiDAR, Saltos del Laja.

GESTIÓN Y DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO 2024

• **Seminario Web “Experiencias Prácticas de Hidroacústica” (24 de julio de 2024).** El jefe de la Unidad de Ingeniería y Desarrollo del INH, Rodrigo Herrera, acompañado de los ingenieros Francisco Ulloa (INH) y Jaime Cotroneo (INH), expusieron sobre casos de mediciones batimétricas en el río Maipo y en el Canal Experimental de Socavación de Pilas del INH, además de diagnósticos de puentes a lo largo de Chile y de río Mataquito en la Región del Maule.

• **XXXI Congreso Latinoamericano de Hidráulica en Medellín, Colombia (1 - 4 de octubre de 2024).** Se presentaron tres trabajos que contaron con autoría de investigadores del INH:

- **“Modelo Morfodinámico simple para el canal de entrada de estuarios”,** de Jaime Cotroneo (INH), Yarko Niño (Universidad de Chile) y Luis Zamorano, jefe de la Unidad de I+D+i del INH, quien además hizo la presentación en el encuentro.
- **“Modelación numérica de ondas de infragravedad (IG) al interior del Estero Nilahue”,** Chile, de Eduardo González (INH), aprobado para presentación en formato póster por el Congreso, en la temática hidráulica marítima y de estuarios.
- **“Detección experimental superficie libre y velocidad del frente aluvional mediante RGB-D sensor”,** de Jaime Cotroneo (INH) y Aldo Tamburrino (Universidad de Chile), aprobado para presentación en formato oral por el congreso, en la temática mecánica de los fluidos e hidráulica fundamental. Además, el director ejecutivo asistió a la Asamblea General IAHR-LAD, donde se seleccionó a Chile como sede para el Congreso 2026.



XXXI Congreso Latinoamericano de Hidráulica 2024, Medellín.



X Seminario Internacional de Ingeniería y Operaciones Portuarias 2024, Antofagasta.

- Curso **“Capacitación Hidráulica Fluvial y Aluvional” (30 de octubre)**. Impartido por el profesor Yarko Niño, académico de la Universidad de Chile y consejero del INH, Jaime Cotroneo (INH), profesional de la Unidad de I+D+i del INH y Emilio Torres, director del INH, para cerca de 70 profesionales de geografía, geomensura, construcción civil e ingeniería civil de la Dirección de Obras Hidráulicas a nivel nacional.

- **X Seminario Internacional de Ingeniería y Operaciones Portuarias (SIOP) en Antofagasta (6 - 8 de noviembre de 2024)**. Eduardo González Pacheco, investigador de la Unidad de I+D+i del INH, participó con lo siguiente:

- Conferencia **“Sistemas de predicción de oleaje para los puertos del Estado”**.
- Trabajo **“Modelación numérica de ondas de infragravedad (IG) al interior del Estero Nilahue, Chile”**. Realizado en conjunto con Rodrigo Cienfuegos, profesor del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental de la Pontificia Universidad Católica de Chile y director del Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres.

GESTIÓN Y DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO 2025

- **Seminario “Marejadas Anormales en la Academia Politécnica Naval”, en Viña del Mar (29 de mayo de 2025).** Eduardo González Pacheco (INH), realizó la presentación “Modelos costeros: Casos aplicados”, en el Seminario Marejadas Anormales.
- **Módulo dedicado al Instituto Nacional de Hidráulica en el Programa de Inspectores Fiscales 2025** de la Academia de Obras Públicas Presidente José Manuel Balmaceda (13 de junio). Impartido por Emilio Torres, director del INH, Rodrigo Herrera (INH) y Luis Zamorano (INH) para 35 estudiantes en formato presencial y 160 personas online.
- Charla online **“Embalse Ancoa: Crónica de una experiencia de modificación y adecuación de la obra de seguridad a pocos años de su entrada en operación”**. Con la participación de más de 90 asistentes, las ponencias estuvieron a cargo del ex inspector fiscal de la Dirección de Obras Hidráulicas, Juan Alberto González Ortega, y del jefe de la Unidad de Ingeniería y Desarrollo del INH, Rodrigo Herrera Hernández. La actividad fue organizada por la Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica (SOCHID) con el apoyo del Instituto de Ingenieros de Chile.



Clase realizada para el Programa de Inspectores Fiscales de la Academia de Obras Públicas.



Curso de TELEMAT en el XXVII Congreso Chileno de Hidráulica 2025, Concepción.

- **XXVII Congreso Chileno de Hidráulica, en Concepción (20 al 24 de octubre).** Luis Zamorano, jefe de la Unidad de I+D+i del INH, dictó el “Curso introductorio al Software TELEMAT”, gracias al que 17 profesionales se capacitaron en los fundamentos del **software TELEMAT para la simulación hidrodinámica**.

- **Webinar: “Revolucionando la Predicción de Oleaje Portuario con Fourier Neural Operators” (19 de noviembre).** Expositores: Luis Zamorano Riquelme, jefe de la Unidad de I+D+i del INH y Eduardo González Pacheco, ingeniero de la Unidad de I+D+i del INH.

REDES DE COLABORACIÓN

CONVENIOS Y COLABORACIONES NACIONALES



CONVENIOS Y COLABORACIONES INTERNACIONALES



**ESTUDIOS
DESTACADOS
2024-2025**

ESTUDIO DE PRONÓSTICO DE OLAJE 2024- 2025

Nombre proyecto: **Sistema de predicción de oleaje para los puertos de Talcahuano, Valparaíso, Iquique y Arica.**

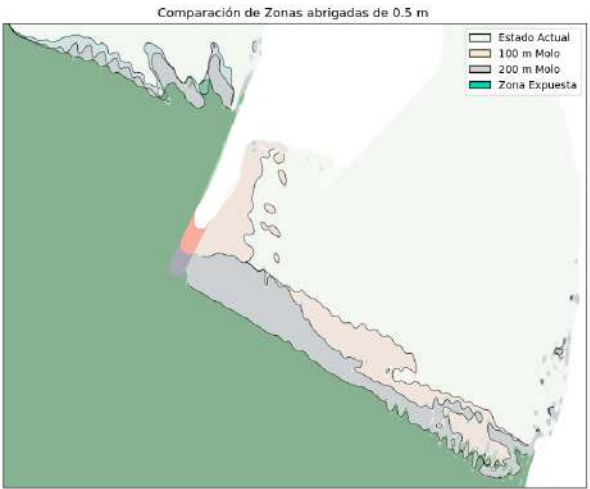
Periodo de ejecución: **180 días corridos por cada puerto.**

Mandante: **Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT), puertos de Talcahuano, Valparaíso, Iquique y Arica.**

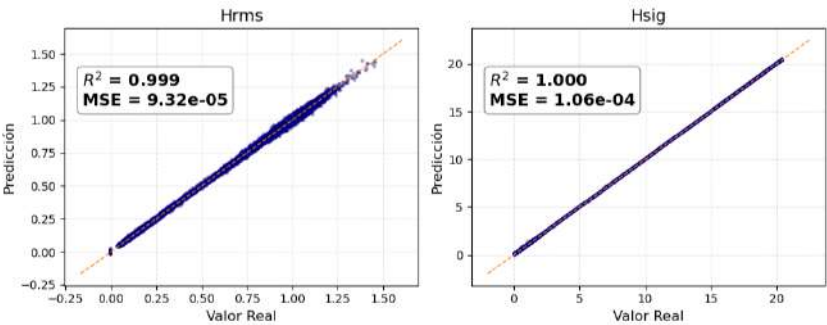
DESAFÍO

El **Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT)** solicitó a los puertos públicos buscar una solución ante el aumento de cierres de puertos por marejadas en los últimos años. Una dificultad es contar con datos confiables de lo que ocurre al interior de las dársenas en el contexto de estos fenómenos, por lo que se requiere de un sistema que provea información para la toma de decisiones que permita optimizar tiempo y recursos. Ante esta problemática, el MTT contactó al INH para hacer un proyecto piloto con la Empresa Portuaria de San Antonio, el cual sirvió de base para expandir la solución a los demás puertos.

En términos técnicos, el desafío radica en que los modelos numéricos tradicionales capaces de resolver la fase de onda (como FUNWAVE) requieren horas de procesamiento en servidores de alto rendimiento (HPC) para simular ventanas de tiempo operativas (por ejemplo, 2 horas de cómputo usando 2048 núcleos para una ventana de 7 días), con costos de alquiler de hardware que superan los 500 USD por día. Esto impide obtener pronósticos precisos en tiempo real de manera económica y accesible.



Análisis de ampliación del molo de abrigo del puerto de San Vicente, Región del Biobío..



Comparación de resultados de predicción de oleaje, usando modelación numérica e IA.

OBJETIVO DEL ESTUDIO

General: Generar un sistema de pronóstico del clima de oleaje, con el fin de mejorar la seguridad y eficiencia en las instalaciones portuarias del país, mediante el suministro de **información para la operatividad de los puertos públicos** más importantes del país.

Específico: Desarrollar e implementar un sistema de predicción de oleaje basado en IA capaz de predecir y representar la altura significativa del oleaje interior de las dársenas portuarias, garantizando un bajo costo computacional y la capacidad de ejecutarse en computadores convencionales mediante el uso de herramientas de IA.

DESARROLLO

El estudio se divide en diversas etapas que guardan estrecha relación con los modelos y herramientas a desarrollar. Esto se debe a la necesidad de separar la simulación del oleaje en distintos componentes, según la escala que se desea abordar, ya que a la fecha no existe un único modelo que permita, en tiempos razonables y prácticos, resolver todas las escalas incluyendo todos los procesos físicos involucrados.

- Etapa 1: Modelo de oleaje al exterior del puerto, utilizando los modelos numéricos WaveWatch III y SWAN.
- Etapa 2: Modelo de oleaje al interior del puerto, con el modelo FUNWAVE-TVD.
- Etapa 3: Modelo de oleaje subrogado, basado en IA, utilizando el método Fourier Neural Operator (FNO) para generar pronósticos de oleaje.

ELEMENTOS INNOVADORES DEL ESTUDIO

- **Uso de Fourier Neural Operators (FNO):** Implementación de una técnica avanzada de IA y aprendizaje automático para resolver de forma instantánea ecuaciones diferenciales parciales complejas de la dinámica de fluidos en el interior de las dársenas portuarias.
- **Enfoque Híbrido Eficiente:** Combinación de modelación numérica (FUNWAVE/SWAN) con la implementación de IA para mejorar los tiempos de cómputo de los modelos numéricos.

IMPACTO

Reducción drástica del tiempo de cómputo: El modelo de IA es capaz de resolver un estado de mar en menos de 1 segundo, en comparación con los casi 800 segundos (más de 13 minutos) que requiere el modelo numérico tradicional FUNWAVE con GPU, o las horas requeridas en sistemas HPC.

Democratización de la infraestructura: Permite pasar de una dependencia de costosos servidores de alto rendimiento (HPC de \$500+/día) a la capacidad de correr los pronósticos locales directamente en un computador de escritorio común.

Predicción en tiempo real y cobertura total: A diferencia de las boyas virtuales que solo miden puntos específicos, este modelo estima la altura y comportamiento del oleaje en todo el dominio del puerto de manera simultánea, superando las limitaciones de los métodos de interpolación tradicionales.

DIAGNÓSTICO HIDRÁULICO DEL RÍO LAJA

Nombre proyecto: **Diagnóstico Hidráulico río Laja, sector Saltos del Laja y propuesta de deslindes, región del Biobío.**

Periodo de ejecución: **06/09/2024 - 05/12/2025**

Mandante: **Dirección de Obras Hidráulicas - MOP**

DESAFÍO

Las crecidas extraordinarias ocurridas en el río Laja durante los **eventos meteorológicos de junio y agosto de 2023**, asociados a sistemas frontales cálidos y ríos atmosféricos, provocaron **inundaciones, erosión de riberas y daños a viviendas, infraestructura y actividades productivas** en sectores como Saltos del Laja, Chillancito y La Aguada. Frente a este escenario, el principal desafío consistió en diagnosticar el comportamiento hidráulico y geomorfológico del cauce para identificar zonas de riesgo fluvial, definir deslindes del río y proponer medidas estructurales y no estructurales que permitan reducir futuras afectaciones y regular adecuadamente el uso de las riberas.

OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo del estudio fue desarrollar una **propuesta de deslindes** del cauce del río Laja según el Decreto N°609, considerando análisis hidrológicos, hidráulicos y geomorfológicos, además de **diagnosticar áreas de inundación y erosión asociadas a crecidas**. Asimismo, se evaluó el impacto en la infraestructura esencial e hidráulica frente a distintos escenarios de crecida, aportando a la gestión del riesgo y a la regulación del uso del cauce y sus riberas.



Inspección en terreno el Los Saltos del Laja.



Inundación de junio de 2023, sector Chillancito.

DESARROLLO

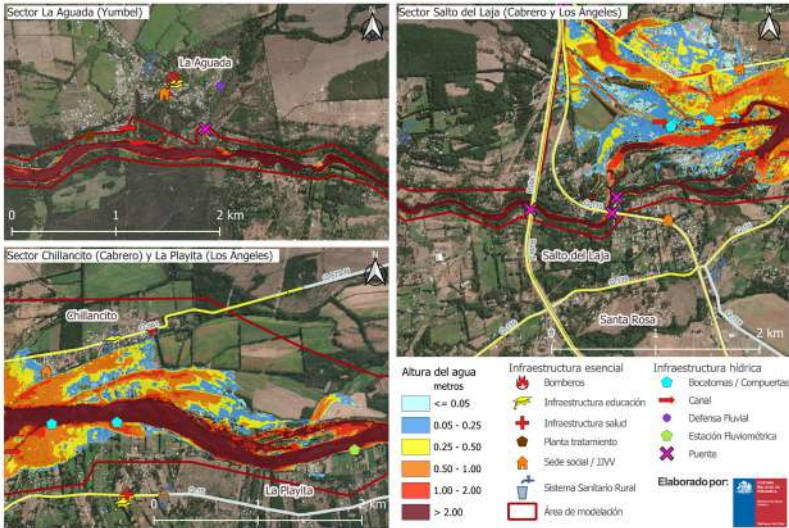
El estudio contempló la **recopilación y análisis de antecedentes territoriales** de la cuenca del río Laja, complementados con la **ejecución de actividades en terreno** que incluyeron catastros de infraestructura crítica, levantamientos topográficos, batimétricos y mediciones de caudal, complementados con la **realización de estudios hidrológicos y geomorfológicos** del río. Con esta información se generó un **modelo digital de elevación (MDE)** y se desarrolló una **modelación hidráulica bidimensional mediante el software Iber**, evaluando distintos escenarios de crecida y sus efectos sobre zonas habitadas e infraestructura esencial. En base a la información recopilada y generada en los estudios básicos, se analizaron posibles procesos de erosión en el río, estabilidad de taludes de las riberas, caracterización de la dinámica fluvial y análisis de la amenaza por inundación. Como resultado, se realizó una **propuesta de deslindes del cauce en la zona de estudio, al igual que propuestas de medidas estructurales y no estructurales** para el control de la amenaza por inundación.

ELEMENTOS INNOVADORES DEL ESTUDIO

El estudio incorporó herramientas y metodologías avanzadas para el análisis integral del río Laja, destacando la modelación hidráulica bidimensional con software Iber y la generación de un **modelo digital de elevación de alta resolución mediante tecnología GNSS, LiDAR y batimetría**. Además, integró estudios hidrológicos incorporando **análisis por efecto del cambio climático**, estudios geomorfológicos y de estabilidad de taludes, junto con evaluación histórica del cauce mediante **imágenes satelitales** y caracterización de las zonas bajo amenaza de inundación, antecedentes en base a los cuales se realizó la propuesta de deslindes y medidas de mitigación de amenaza por inundación acorde a lineamientos de **soluciones basadas en la naturaleza (SbN) y soluciones no estructurales basadas en gestión hídrica**.

IMPACTO

El estudio permitió identificar zonas bajo amenaza de inundación, erosión y riesgo fluvial en el río Laja y el estero Batuco en el sector de Saltos del Laja, entregando una base técnica para la futura fijación de deslindes y la regulación del uso de las riberas. Asimismo, definió sectores críticos y propuso medidas estructurales y no estructurales para proteger la infraestructura esencial, las viviendas y las actividades productivas frente a eventos extremos de crecidas. Sus resultados constituyen una herramienta clave para la planificación territorial, la gestión del riesgo de desastres y la toma de decisiones por parte de los organismos públicos.



Resultados modelación altura del agua T=10.

DIAGNÓSTICO HIDRÁULICO DEL RÍO MATAQUITO

Nombre proyecto: **Diagnóstico hidráulico del río Mataquito, Licantén a desembocadura, región del Maule.**

Periodo de ejecución: **02/02/2024 - 10/11/2025**

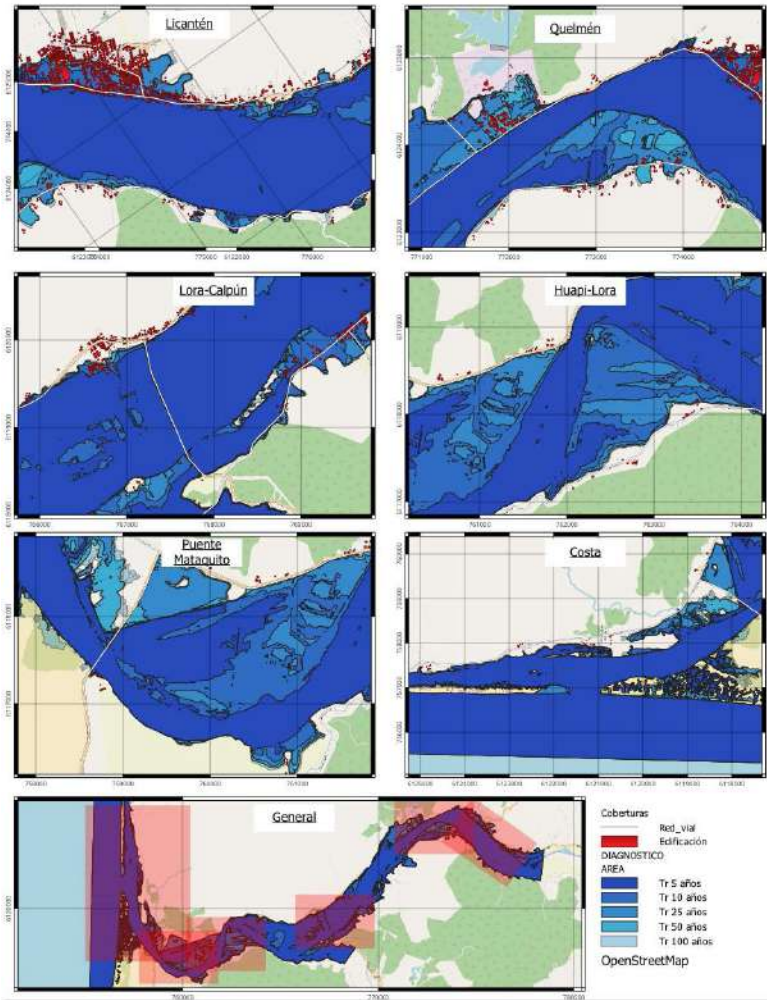
Mandante: **Dirección de Obras Hidráulicas - MOP**

DESAFÍO

Entre el 19 y el 22 de agosto de 2023, un sistema frontal intensificado por un río atmosférico provocó un **aumento crítico del caudal en el río Mataquito, generando inundaciones y desbordes** que afectaron viviendas y terrenos agrícolas ribereños en localidades como Idahue, Constantué, Docamávida y, especialmente, Licantén. Frente a este escenario, el principal desafío fue **comprender la dinámica hidráulica, fluvial y marítima** del sistema para identificar las causas del fenómeno y definir medidas orientadas a reducir el riesgo y mejorar la gestión del cauce y de las zonas inundables.

OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo del estudio fue analizar el comportamiento hidráulico-fluvial del cauce del río Mataquito en el sector de Licantén, con el propósito de desarrollar un **diagnóstico integral de la dinámica fluvial y marítima** del área de estudio. A partir de esto, la finalidad fue elaborar **propuestas de medidas estructurales y no estructurales** orientadas a un manejo adecuado del cauce y de las zonas de inundación.



Mapa General con las áreas de inundación para 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

DESARROLLO

Para cumplir con los objetivos del estudio, se recopilaron y analizaron **los antecedentes históricos**, campañas de terreno para **levantamientos topográficos, batimétricos, hidrométricos y sedimentológicos**, además de estudios hidrológicos considerando escenarios de cambio climático. Con estos antecedentes se desarrollaron **modelos hidráulicos** para simular distintos **escenarios de caudal y delimitar zonas potencialmente inundables**. Los resultados permitieron evaluar el comportamiento del río durante eventos extremos, identificar sectores críticos y definir medidas estructurales y no estructurales para la gestión del riesgo.

ELEMENTOS INNOVADORES DEL ESTUDIO

El estudio incorporó un enfoque integral que combinó análisis hidráulicos, hidrológicos, marítimos y sedimentológicos, apoyados en levantamientos LiDAR, batimetrías de alta resolución y modelación hidráulica bidimensional calibrada con eventos reales. Asimismo, integró el factor del cambio climático, evaluó la interacción entre procesos fluviales y marítimos en la desembocadura, y desarrolló insumos para un **Sistema de Alerta Temprana y mapas de amenaza de inundación** para la gestión del riesgo.

IMPACTO (RESULTADOS Y/O APOORTE)

El estudio entregó a la Dirección de Obras Hidráulicas una base técnica integral para la toma de decisiones en la gestión del río Mataquito, permitiendo **priorizar inversiones en obras de protección, fortalecer la planificación territorial y avanzar en la implementación de herramientas de monitoreo y alerta temprana**. Asimismo, generó conocimiento sobre la interacción entre procesos fluviales y marítimos, contribuyendo a reducir la vulnerabilidad de Licantén y de las demás localidades expuestas a este tipo de eventos.



Zona inundada observada días posteriores al evento de junio de 2023.



Inundación de agosto de 2023, sector Licantén.

ESTUDIO DE AFORO DE CAUDALES

Nombre proyecto: **Diagnóstico integral de un sistema de aforo de caudales.**

Periodo de ejecución: **21/08/2025 al 03/12/2025**

Mandante: **Flow Hydro Consulting Group**

DESAFÍO

En la gran minería del norte de Chile el agua es un recurso tan escaso como estratégico, y cada metro cúbico que entra o sale de una faena debe medirse con precisión y trazabilidad. Por lo tanto, los **sistemas de aforo deben ser confiables y capaces de operar en cauces en condiciones ambientales complejas y de altura geográfica**, tanto para el cumplimiento de normativa ambiental, como para la continuidad operacional.

El problema es que estos sistemas, ubicados en áreas remotas, suelen combinar obras hidráulicas construidas hace décadas con sensores automáticos de distinta tecnología y procedencia, cuyos algoritmos de conversión a caudal muchas veces operan como cajas negras. Con el tiempo, el deterioro estructural y la existencia de equipos no calibrados pueden introducir errores sistemáticos que pasan inadvertidos.

OBJETIVO DEL ESTUDIO

El estudio tuvo como objetivo realizar un **diagnóstico integral del estado actual de un sistema de medición de caudales** en operación, para luego proponer **alternativas de mejoramiento** que permitieran recuperar la confiabilidad del registro de caudales conforme a estándares internacionales.

DESARROLLO

El trabajo combinó campañas de terreno en altura geográfica con análisis de gabinete, tanto de la Unidad de Operaciones como de la Unidad de Ingeniería y Desarrollo del INH.

Durante tres jornadas se ejecutaron **levantamientos topográficos**, y se verificaron dimensiones y nivelaciones. Para construir una referencia independiente, se realizaron **aforos a distintos niveles de caudal**.

Además, se analizaron los **registros de caudales instantáneos** y se diagnosticó el **desempeño de aquietadores de caudal, sensores radar y ultrasónico**.



Vista panorámica del área de estudio.

ELEMENTOS INNOVADORES DEL ESTUDIO

El aporte más distintivo fue el **enfoque forense de reconciliación de datos**, en lugar de validar un único instrumento, se contrastaron simultáneamente múltiples fuentes heterogéneas de medición a cargo de empresas privadas e instituciones públicas. Este cruce permitió no solo medir el error de cada fuente, sino rastrear su origen.

Esta capacidad de auditar la cadena completa de medición, desde la geometría de la obra hasta el dato final transmitido, constituye un **valor diferenciador del INH** como la institución a cargo de actuar como árbitro o perito en aquellas materias relacionadas con la hidráulica, que sean sometidas a su consideración.

IMPACTO

El diagnóstico permitió **detectar y cuantificar fenómenos de propagación de error**, que principalmente se relacionaban a fallas en el funcionamiento de aquietadores de caudal, configuración inconsistente en algunos sensores y deterioro estructural en obras de aforo.

Sobre esta base, se entregó una hoja de ruta de mejoramiento y se plantearon **estrategias concretas en distintos niveles para mejorar el sistema** completo durante 2026.

El estudio aporta así una base técnica sólida para **mejorar la gestión y el reporte del recurso hídrico en la gran minería**, demostrando cómo la integración de terreno en altura, metrología acreditada y análisis de datos permite recuperar la confiabilidad de la información.



Levantamiento con estación total y GNSS RTK.



Procedimiento medición del caudal en el área de estudio.

ESTUDIO DEL EMBALSE ANCOA

Nombre proyecto: **Modelo Físico de emergencia del evacuador de crecidas del embalse Ancoa, región del Maule.**

Periodo de ejecución: **15/11/2023 al 24/02/2025**

Mandante: **Dirección de Obras Hidráulicas - MOP**

DESAFÍO

El estudio surge a partir de los **eventos hidrometeorológicos extremos registrados en 2023**, los cuales generaron **condiciones de escurrimiento de alta energía y produjeron daños relevantes en la ribera norte del río Ancoa, afectando la conectividad vial, el acceso a la central Ancoa y la operación del embalse**. Este escenario evidenció la necesidad de contar con herramientas de análisis robustas, capaces de reproducir el comportamiento hidráulico del sistema de evacuación y entregar antecedentes confiables para la toma de decisiones de ingeniería.

OBJETIVO DEL ESTUDIO

Para abordar este problema de alta complejidad, el INH puso a disposición su experiencia en **modelación física y numérica tridimensional**. Al integrar distintas capacidades técnicas, el objetivo fue evaluar alternativas de **obras de protección, analizar su interacción con el flujo y verificar su desempeño** antes de avanzar hacia su construcción definitiva.



Construcción modelo físico.

DESARROLLO

La **modelación numérica tridimensional** permitió realizar una **primera evaluación del comportamiento hidráulico**, comparando alternativas de protección y analizando variables clave como trayectorias del flujo, zonas de impacto, velocidades, alturas de escurrimiento e interacción con las riberas. Esta etapa fue fundamental para orientar el proceso de diseño, identificar condiciones críticas y entregar criterios técnicos preliminares para la selección y ajuste de las soluciones propuestas.

Complementariamente, **la modelación física permitió reproducir a escala reducida el funcionamiento del sistema de evacuación de crecidas**, incluyendo flujos tridimensionales, la turbulencia, el impacto del chorro proveniente del salto de esquí, la disipación de energía, la interacción con las obras de protección y los procesos de socavación en el cauce receptor.

ELEMENTOS INNOVADORES DEL ESTUDIO

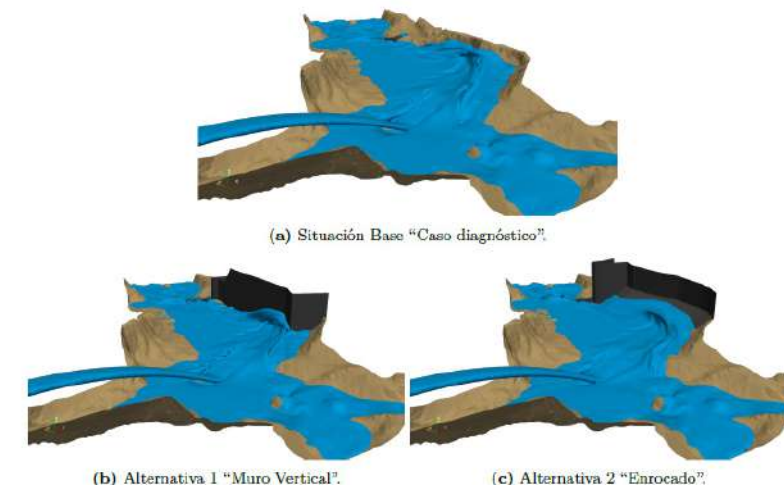
El proyecto destaca por la **integración sinérgica entre la modelación numérica y la física**. Mientras la primera permitió comparar escenarios, explorar alternativas y comprender el comportamiento general del flujo, la segunda permitió observar directamente la trayectoria del escurrimiento, la zona de impacto del chorro, la disipación de energía, la interacción con la ribera protegida y los efectos sobre el cauce aguas abajo. Esta combinación fortaleció el proceso de validación técnica de las obras propuestas y redujo significativamente la incertidumbre asociada al diseño hidráulico.

IMPACTO

En un contexto nacional marcado por una mayor recurrencia de eventos extremos, el proyecto del evacuador de crecidas del embalse Ancoa representa un ejemplo concreto de cómo **la complementariedad entre la modelación numérica y física, permite reducir incertidumbres, anticipar comportamientos críticos y apoyar decisiones de diseño en infraestructura** hidráulica. Su aplicación transforma fenómenos complejos en información técnica observable, medible y de alto valor para la ingeniería.



Vista aérea del muro del embalse Ancoa.



Vistas isométricas de los tres escenarios simulados. Se muestra la superficie libre, terreno y obras anexas.



DESAFÍOS |
2026 - 2027 |

DESAFÍOS 2026 - 2027

"Ejes estratégicos como gobernanza, capital humano, conocimiento, infraestructura y difusión son parte de una profunda reflexión y análisis del entorno para avanzar en un proceso de mejoramiento continuo para alcanzar nuestra visión: ser reconocidos a nivel latinoamericano como un instituto de excelencia en hidráulica aplicada".

En el INH tenemos importantes desafíos y oportunidades para los próximos años, los cuales queremos asumir con gran responsabilidad y espíritu crítico. Estamos trabajando en un **plan estratégico 2027-2031**, diseñado para permitir el crecimiento y mejora de los servicios que prestamos a terceros. Ejes estratégicos como gobernanza, capital humano, conocimiento, infraestructura y difusión son parte de una profunda reflexión y análisis del entorno para avanzar en un proceso de mejoramiento continuo para alcanzar nuestra visión: ser reconocidos a nivel latinoamericano como un instituto de excelencia en hidráulica aplicada.

En lo técnico, en 2026 debemos estar atentos a la evolución del **fenómeno de El Niño** durante los meses de invierno y primavera. Informes de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (Estados Unidos) indican que se intensificará este evento progresivamente hacia finales de año, con una probabilidad mayor al 90%. Simulaciones de temperatura en el mar indican anomalías de hasta 4 °C, por lo que se le ha denominado "El Niño Godzilla". Esto puede traer **condiciones de precipitaciones anómalas e intensas con**

riesgos claros de inundaciones en distintas áreas del país; dichas condiciones serán incorporadas en nuestros estudios e investigaciones.

En octubre de 2026 enfrentaremos un hito clave: el **XXXII Congreso Latinoamericano de Hidráulica IAHR, en Valparaíso y Viña del Mar**. El INH organiza esta actividad en conjunto con la Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica, la Universidad Técnica Federico Santa María y la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Será una verdadera fiesta hidráulica que, además, nos permitirá el encuentro con nuestros colegas de las redes nacionales e internacionales en las que participa el INH.

Otro de los retos que nos esperan es el **fortalecimiento de nuestras relaciones internacionales y nacionales** con universidades, centros de investigación, instituciones públicas y privadas, la industria y la minería, entre otros sectores. En este sentido esperamos avanzar en los acuerdos con el Laboratorio Nacional de Hidráulica de Perú y con Uruguay. Estas alianzas nos facilitan el trabajo conjunto, para la investigación y el desarrollo de proyectos nacionales e internacionales, posicionando al INH como un referente en el área.

Durante 2026, nuestro **Laboratorio de Calibraciones** obtuvo nuevamente la **acreditación del Instituto Nacional de Normalización hasta 2031**, en el área de Magnitud Flujo Líquido, según la norma NCh-ISO/IEC 17025:2017. Por lo tanto, para los próximos años proyectamos un crecimiento continuo de este servicio, dado el contexto actual de déficit hídrico en el que es vital la correcta gestión del recurso.

Para nosotros, el mejoramiento continuo y la aplicación de rigurosas medidas de control, constituyen el mejor método para entregar mejores servicios, crecer y **consolidarnos como el centro de investigación aplicada en hidráulica más importante del país.**

Comité editorial

Emilio Torres Valdebenito
Germán Wolf Sepúlveda
Rodrigo Herrera Hernández
Luis Zamorano Riquelme
Camila Osorio Nilo
Verónica Meneses Fredes

Diagramación y diseño

Missael Godoy Jara

Este reporte fue elaborado con la
colaboración de diversas áreas del INH.

Todo el contenido, fotos y material
gráfico es propiedad del INH.

Julio, 2026.

Cotizaciones

Escribir a:
cotizaciones@inh.cl

Calibraciones
56 227824143

Aforos, batimetrías y topografías
56 227824130

Estudios y asesorías hidráulicas
56 227824125

Contacto

Dirección Ejecutiva
56 227824102

 www.inh.cl

 [inh.cl](https://www.instagram.com/inh.cl)

 [inh_cl](https://www.tiktok.com/inh_cl)

 [INHChile](https://www.facebook.com/INHChile)

 [Instituto Nacional de Hidráulica](https://www.linkedin.com/in/instituto-nacional-de-hidraulica)



Instituto
Nacional de
Hidráulica

Ministerio de Obras
Públicas

Gobierno de Chile