



Agencia
Nacional de
Investigación y
Desarrollo

Ministerio de Ciencia,
Tecnología,
Conocimiento e
Innovación

Guía Técnica

ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE CABO DE HORROS

**“Garantizar agua potable continúa ante el congelamiento de cañerías
en Puerto Williams y Puerto Toro”**



Contenido

1.	CONTEXTO DE LOS DESAFÍOS PÚBLICOS	3
2.	ANTECEDENTES DE LA CONVOCATORIA PARA EL LANZAMIENTO DE LOS CONCURSOS DE DESAFÍOS PÚBLICOS	4
3.	OBJETIVO Y RESULTADOS ESPERADOS	13
4.	DETALLE DE ETAPAS	15
5.	CONSIDERACIONES DE LA ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE CABO DE HORNOS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO	23
6.	RESUMEN DEL PROYECTO	25



1. CONTEXTO DE LOS DESAFÍOS PÚBLICOS

Desafíos Públicos es un programa que apoya a organismos del Estado a encontrar soluciones a Desafíos de interés público que requieran Investigación, Desarrollo (I+D) y/o desarrollo tecnológico para ser resueltos y generar un impacto positivo en el desarrollo económico, ambiental y social a nivel país. El programa es una manera de enfrentar problemas complejos que requieren aproximaciones transdisciplinarias y multisectoriales para ser abordados íntegramente. Desde un rol coordinador el Estado fomenta activamente el desarrollo tecnológico e innovación orientados a dar solución a los Desafíos públicos que el país presenta y que afectan a su población ya sea a nivel local, regional o nacional.

Por medio de una metodología de Desafíos, el programa busca desarrollar soluciones a problemas de interés público en ámbitos de acción de organismos públicos mediante Concursos de Innovación Abierta para emprendedoras/es, Startups, equipos universitarios, empresas, entre otros. Cada concurso financia una carrera de desarrollo de prototipos para lograr una aplicación industrial lista para implementar y que el Organismo Público pueda adquirir.

El programa es gestionado en conjunto por el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (MinCiencia), el Laboratorio de Gobierno del Ministerio de Hacienda (LabGob) y la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID).

El presente instrumento busca contribuir a encontrar soluciones innovadoras a problemas de interés público que requieran de un desarrollo tecnológico e innovación, conectando a quienes demandan estas soluciones, en este caso **Ilustre Municipalidad de Cabo de Hornos** con potenciales oferentes provenientes del sistema nacional de innovación.

En particular, el problema de interés público que se requiere resolver se denomina **Garantizar agua potable continua ante el congelamiento de cañerías en Puerto Williams y Puerto Toro** cuyo objetivo es Desarrollar tecnologías y metodologías a través de la innovación que permitan solucionar el problema del congelamiento de cañerías durante el periodo invernal, en la Comuna de Cabo de Hornos, capaz de responder a la problemática de manera efectiva, eficaz y escalable a otras zonas con climas extremos, brindando bienestar social, comunitario, económico y medioambiental a la población. La función de esta Guía Técnica es orientar a las personas usuarias en la elaboración de su postulación a la convocatoria de Desafíos Públicos 2025: **Garantizar agua potable continúa ante el congelamiento de cañerías en Puerto Williams y Puerto Toro**, entregando información relevante para ser utilizada en la formulación.

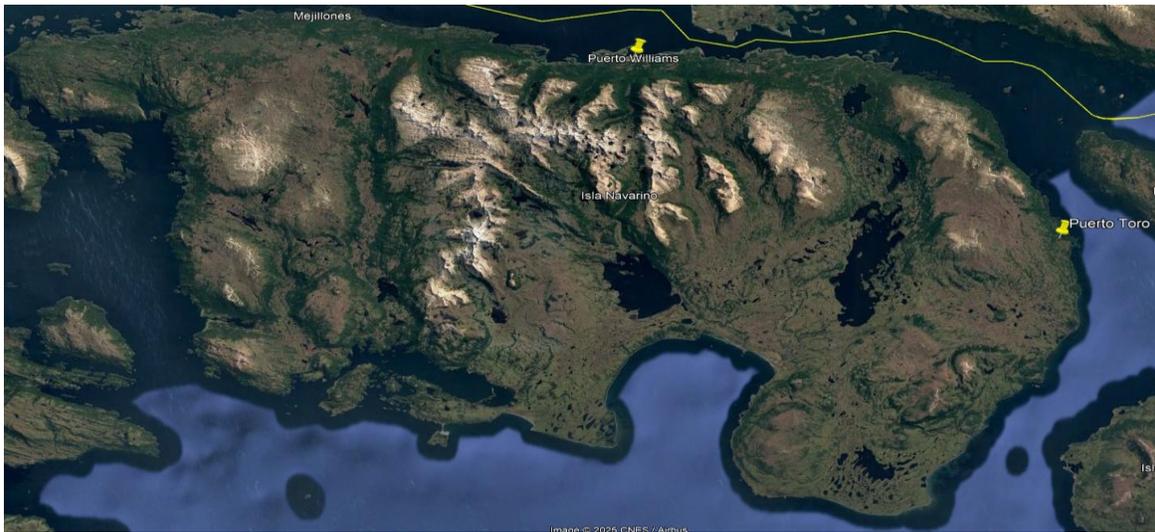
En conjunto con esta Guía Técnica, se acompañarán las Bases del instrumento "**Desafíos Públicos 2025**" y que contienen todas las directrices y normativas respecto del proceso de postulación, admisibilidad, evaluación, seguimiento, cierre de los proyectos y temas administrativos que no forman parte de la Guía Técnica.



2. ANTECEDENTES DE LA CONVOCATORIA PARA EL LANZAMIENTO DE LOS CONCURSOS DE DESAFÍOS PÚBLICOS

Descripción de la situación pública que genera el problema/Desafío a resolver y su estado del arte en Chile.

Puerto Williams y Puerto Toro, ubicados en la Provincia Antártica Chilena de la Región de Magallanes, son los asentamientos humanos más australes del mundo. Ambas localidades se encuentran en la Isla Navarino, a orillas del canal Beagle, a 558 kilómetros al sur de Punta Arenas. Puerto Williams concentra más del 80% de la población local, con 1.750 habitantes y 619 viviendas habitadas (Censo 2024), mientras que Puerto Toro, ubicado 36 kilómetros al este, cuenta con 21 habitantes y 15 viviendas habitadas (Censo 2017). Su geografía montañosa y rodeada de cuerpos de agua dificulta la accesibilidad y limita las condiciones de vida de sus habitantes. Para acceder a la Isla Navarino, existen dos vías de transporte: aérea y marítima siendo restringidas por las condiciones climáticas extremas.



Isla Navarino posición geográfica de ambas localidades



Ciudad de Puerto William



Localidad Puerto Toro

Fuente: Google Earth Pro



Actualmente, ambas localidades enfrentan condiciones climáticas extremas durante los meses de invierno (junio, julio y agosto), con temperaturas que descienden constantemente bajo los 0 °C alcanzando extremas mínimas de -12,6 °C. Sin embargo, esta problemática se ve exacerbada por una combinación de factores ambientales, de infraestructura y de flujo continuo del agua, lo que provoca el congelamiento recurrente de las cañerías de las redes de agua potable, impactando gravemente la vida cotidiana, afectando viviendas e infraestructuras esenciales, la planificación urbana, la gestión de recursos y las afectaciones en la productividad. La falta de acceso a agua potable compromete la higiene, aumentando el riesgo de enfermedades, especialmente en grupos vulnerables, el acceso seguro y continuo al agua potable es un derecho humano fundamental, reconocido por la Asamblea General de las Naciones Unidas, ya que es esencial para la salud, la higiene y el desarrollo de las comunidades. Este problema vulnera el derecho de acceso al agua potable y afecta los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, especialmente el ODS 6 (agua limpia y saneamiento), el ODS 1 (fin de la pobreza) ODS 3 (salud y bienestar) y el ODS 11 (ciudades sostenibles). La falta de infraestructura adaptada a climas extremos en estas localidades australes pone en riesgo la sostenibilidad y el bienestar de sus habitantes.

En Chile, el congelamiento de cañerías es un problema recurrente en zonas australes como Coyhaique, Aysén, Punta Arenas, Puerto Natales, Porvenir y otras ciudades del sur, las soluciones aplicadas, como la aislación térmica tradicional, dejar el agua corriendo o calefaccionar las viviendas de forma permanente, son costosas y de corto plazo, resultando poco sostenibles para los habitantes de Puerto Williams y Puerto Toro. Aunque se han llevado a cabo esfuerzos a nivel municipal y regional para enfrentar el problema, las limitaciones de presupuesto y la falta de normativas específicas para zonas subantárticas han dificultado su solución, por esta razón, la Ilustre Municipalidad de Cabo de Hornos busca visibilizar la situación para gestionar financiamiento y apoyo técnico que permita implementar soluciones sostenibles a largo plazo.

Descripción del problema/Desafío, justificando la necesidad de resolverlo a través del programa Desafíos Públicos.

En la comuna de Cabo de Hornos, específicamente en Puerto Williams y Puerto Toro, se enfrenta un grave problema relacionado al congelamiento de cañerías de agua durante los meses de invierno, producto de diversos factores, entre ellos:

Factores ambientales

- La combinación de temperaturas bajo cero sostenidas arrojando mínimas extremas de -12.6 C°, provoca un aumento significativo de los días de heladas durante el período invernal. Según los datos obtenidos en Meteoblue (2024) se registran en promedio 23,8 días de heladas en junio, 26 en julio y 24 en agosto.
- El aumento de la intensidad del viento en la zona alcanza velocidades promedio de 83.4 km/h sin embargo durante los años, 1968,1969,1970,1973,1974,1975,1977,1978,1984 se registraron velocidades superiores a los 100 km/h.
- La elevada acumulación de humedad en el entorno favorece la formación de escarcha en las cañerías, disminuyendo su temperatura y aumentando el riesgo de congelamiento. De acuerdo con los datos de la Dirección General de Aeronáutica Civil, Dirección de Meteorología de Chile (Servicios climáticos) en 2024 se registraron niveles de humedad promedio de 84.4% en junio, 78.5% en julio y 80.6% en agosto, con una media climatológica parcial de 73.9%, un máximo de 99.5% (14/06/2024) y un mínimo de 38.6% (27/09/2024).

Materiales y diseño de la infraestructura

- La infraestructura de distribución de agua potable presenta deficiencias estructurales asociadas a la escasa profundidad de instalación de las cañerías, condicionada por factores técnicos y geográficos. Este fenómeno ocurre principalmente en los tramos donde las cañerías deben emerger a la superficie siendo utilizadas para la distribución.
- La resistencia de las cañerías frente a condiciones térmicas extremas depende de los materiales



utilizados. Actualmente, predominan instalaciones de cobre (en edificaciones más antiguas), valco, policloruro de vinilo (PVC) y polietileno de alta densidad (PEAD). Aunque los polímeros ofrecen cierta capacidad de expansión ante la congelación interna, su desempeño térmico resulta insuficiente para evitar la formación de hielo en condiciones invernales extremas.

- En zonas con climas severos, el diseño de redes de agua potable debe considerar sistemas de aislación térmica efectiva que reduzcan las pérdidas de calor, sin embargo, la infraestructura hídrica existente en Puerto Williams y Puerto Toro carece de soluciones de aislamiento sistematizadas, lo que incrementa la vulnerabilidad de las redes ante el congelamiento.
- A nivel normativo, las regulaciones locales (ordenanzas, normativas de construcción y planificación urbana) no contemplan criterios específicos en relación con la materialidad ni con los sistemas de protección térmica para redes de agua potable en contextos subantárticos.

Falta de flujo continuo de agua

- Durante el horario nocturno, el consumo de agua en las viviendas disminuye considerablemente, reduciendo el flujo dentro de las redes de distribución, acelerando el proceso de enfriamiento del agua y aumentando el riesgo de congelamiento.
- Los cortes de agua programados o emergentes del suministro, el agua que permanece estancada al interior de las cañerías está susceptible a congelarse con rapidez, especialmente cuando las temperaturas ambientales descienden por debajo de los 0°C.

Este fenómeno afecta el acceso regular y seguro al agua potable para uso domiciliario, institucional y comunitario, impactando directamente en la calidad de vida de los habitantes, la continuidad de los servicios básicos, y la salud pública. La magnitud del problema se ve agravada por la gran diversidad en las edificaciones de la zona, estas incluyen viviendas particulares, recintos públicos, comercios y otros, presentando diferencias significativas en cuanto a calidad constructiva, materiales, aislamiento térmico, antigüedad, ubicación y uso, dicha variabilidad impide la aplicación de soluciones estandarizadas, como el simple recambio de cañerías por otras de materiales más resistentes a las bajas temperaturas, ya que no consideran la realidad local, la factibilidad técnica ni económica, ni las condiciones particulares de cada inmueble.

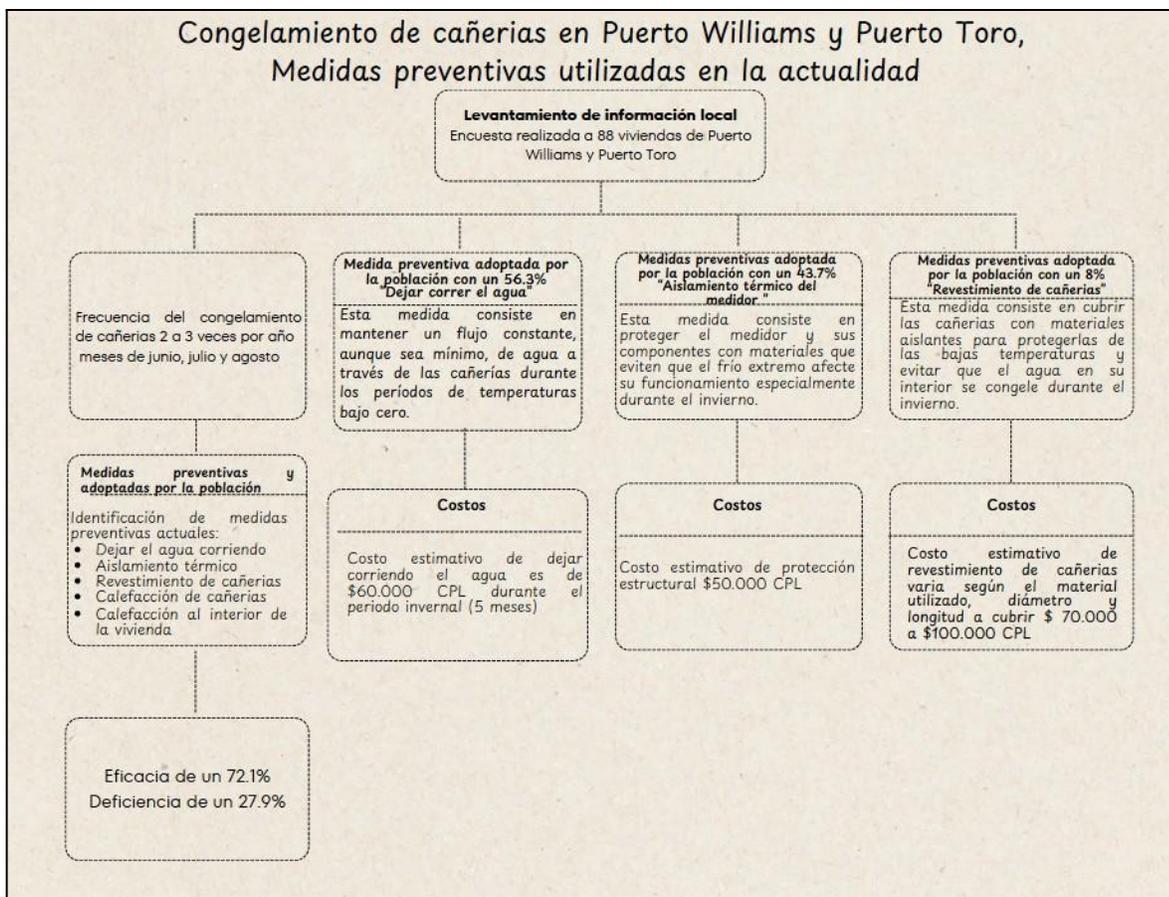
Por tanto es imprescindible optar a una solución que contemple Investigación, desarrollo y/o desarrollo tecnológico, proporcionando una solución adaptable, escalable, y sostenible en el tiempo, debe considerar las particularidades del entorno geográfico, climático y sociocultural del territorio y ser implementada sin necesidad de intervenciones estructurales mayores, ni provocar alteraciones en la composición química, física, microbiológicas, ni organoléptica del recurso hídrico, considerando que el agua potable debe cumplir con estándares de calidad establecidos para el consumo humano estipulados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y las normativas sanitarias nacionales (Ds N°735/69 del Ministerio de Salud y Norma Chilena NCh 409/1) tal consideración resulta fundamental para evitar riesgos que comprometan la salud pública, incumplimientos normativos e impactos negativos en el ecosistema local. Es fundamental que la solución propuesta para prevenir el congelamiento de cañerías en Puerto Williams y Puerto Toro tenga un bajo costo operativo mensual, no superior a \$60.000 CLP durante el invierno, no requiera intervención de un operador y contemple una mantención técnica mínima, permitiendo su implementación universal, incluso en hogares con adultos mayores o personas con movilidad reducida.

En este contexto, el programa Desafíos Públicos constituye una vía adecuada para canalizar innovación científica y tecnológica hacia una problemática compleja, impulsando el desarrollo de soluciones basadas en investigación, desarrollo tecnológico y creatividad interdisciplinaria, que sean testeables, validadas y replicables. El desafío consiste en diseñar una solución tecnológica innovadora que garantice la continuidad del suministro de agua potable durante todo el año, priorizando la eficiencia energética, la autonomía operativa y la factibilidad técnica, con capacidad de adaptación a la diversidad de edificaciones, a las condiciones climáticas extremas y a las limitaciones logísticas del territorio austral.

El desarrollo de la solución requiere un enfoque multidimensional que incorpore materiales con propiedades térmicas específicas, sensores inteligentes, fuentes de energía alternativas, sistemas de calefacción autónomos, diseños modulares y automatización garantizando su compatibilidad, interoperabilidad con sistemas existentes de agua potable y reduciendo la dependencia de operadores locales. Las características mencionadas demandan investigación aplicada, diseño tecnológico e innovación, justificando plenamente el uso del instrumento Desafíos Públicos para atraer propuestas desde la ciencia y el emprendimiento de base tecnológica, con el objetivo de desarrollar un prototipo funcional, escalable y replicable en otras zonas australes del país o en territorios de condiciones similares.

Descripción de cómo se enfrenta en la actualidad el problema.

En la actualidad el problema del congelamiento de cañerías en Puerto Williams y Puerto Toro se aborda a través de soluciones temporales y de eficacia limitada. De acuerdo con los resultados obtenidos de las encuestas realizadas a los habitantes se identifican las siguientes acciones adoptadas por la mayoría de la población durante el periodo invernal: El 56,3% de los encuestados opta por dejar corriendo el agua como medida para prevenir el congelamiento, a pesar del costo que ello implica. Un 43,7% recurre al aislamiento térmico del medidor, utilizando materiales como plumavit, espuma de poliuretano, fibra de vidrio y poliespan y un 8% de los habitantes emplea el revestimiento de las cañerías, utilizando materiales como espuma termoplástica, espuma de poliuretano, ropa y espuma aislante reflectante.



Fuente: Elaboración propia.

Para cuantificar y comprender el gasto generado tanto a nivel familiar como comunal, se tomará como referencia una de las soluciones planteadas en la encuesta: el acto de dejar correr el agua durante los días de bajas temperaturas con el fin de evitar el congelamiento de las cañerías. Esta medida, aunque efectiva en muchos casos, genera un aumento significativo en el consumo de agua, lo que se traduce en un mayor costo en las boletas de agua de los hogares y, por ende, un impacto económico en la comunidad en general.

Al dejar el agua correr, se genera un flujo constante que ayuda a mantener la temperatura del agua por encima del punto de congelación, sin embargo, esta solución también conlleva un aumento en el consumo de agua y, por ende, en el gasto económico asociado. Es importante considerar no solo el costo inmediato del agua, sino también las implicaciones a largo plazo, como el impacto en las facturas de servicios públicos y la sostenibilidad del recurso hídrico.

Asimismo, al analizar este comportamiento a nivel comunal, se evidencia cómo las decisiones individuales impactan colectivamente a la comunidad. Si las familias adoptan esta práctica, el gasto total en agua puede incrementarse significativamente, lo que podría llevar a la necesidad de buscar alternativas más sostenibles o soluciones que minimicen el desperdicio de agua, como el aislamiento de cañerías o implementación de tecnologías que prevengan la congelación sin necesidad de dejar el agua correr.

Considerando el documento "Cuidar el Agua en el Hogar" publicado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (adjunto en Anexos), en la cual presenta diversa información relevante, lo cual permite dimensionar las cifras sobre la cantidad de agua desperdiciada, así como esto influye en la Huella Hídrica.

En base lo anterior y para la investigación se utilizará como referencia la siguiente información que nos proporciona este estudio llevándolo a metros cúbicos con el objeto de cuantificar de manera proporcional la información que nos entregan las Boletas de consumo:

Desperdicio	Litros por Minuto	Litros por Día	M ³ por Día
Llave abierta	5 a 10 Lts	7200 Lts a 14400 Lts	7.2 m ³ a 14.4 m ³
Llave que Gotea		30 Lts	0.03 m ³
Llave que Gotea Seguido		700 Lts	0.7 m ³

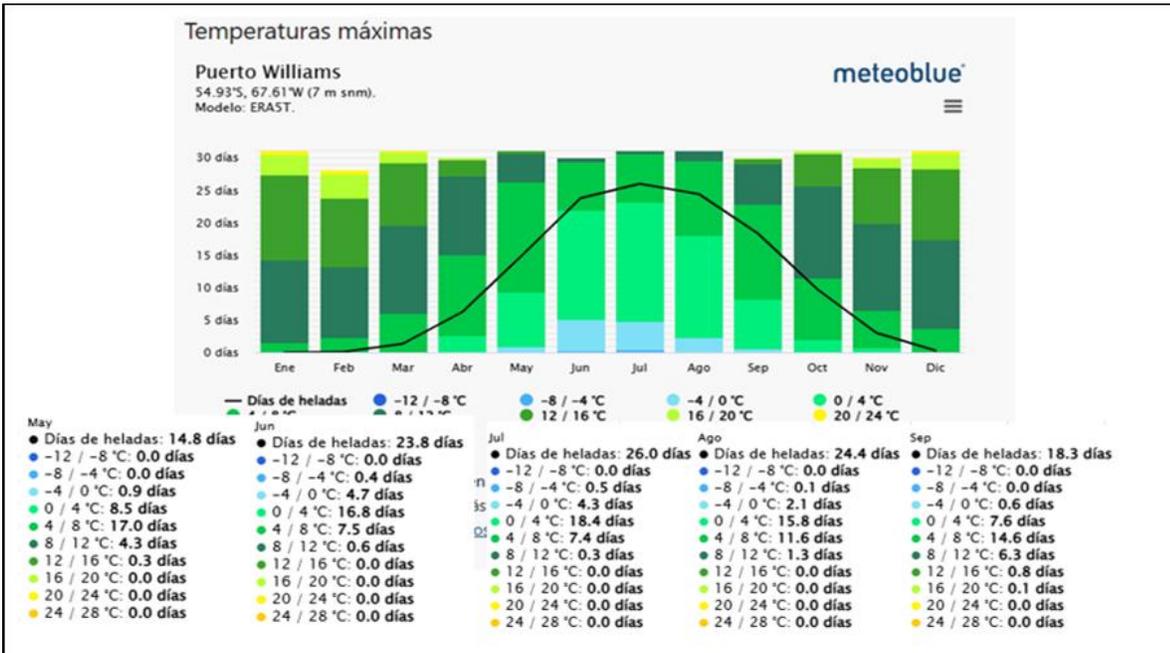
Fuente: (S/f).Gob.cl.Recuperado el 11 de abril de 2025, https://www.siss.gob.cl/586/articles-11032_Guia.pdf

Considerando lo anterior, se trabajará con la información proporcionada por la encuesta aplicada a la comunidad, específicamente utilizando los resultados de la pregunta número 9. (¿Qué medidas adopta usted de manera regular para prevenir el congelamiento?), este análisis evidencia que, de un universo de 88 hogares encuestados, un 56.3% adoptan como medida dejar correr el agua en condiciones de baja temperatura, siendo conscientes del incremento que implica en las cuentas y del desperdicio de agua no utilizada de manera adecuada.

Para cuantificar este fenómeno se tomará en consideración la información climatológica obtenida en Meteoblue, una plataforma especializada en el monitoreo en tiempo real de las condiciones climáticas a nivel global, reconocida por la precisión y fidelidad de sus datos. En el caso particular de Puerto Williams, ubicado en el extremo sur de Chile, estos registros resultan especialmente relevantes debido a las bajas temperaturas características de la zona. Gracias a los modelos de alta resolución de



Meteoblue, es posible analizar detalladamente la evolución térmica de esta región, que presenta una de las condiciones climáticas más extremas del país, los datos históricos y actuales ofrecidos por esta herramienta permite identificar tendencias de frío persistente, heladas frecuentes y escasa variabilidad térmica estacional, aspectos clave para aplicar la investigación que busca analizar el comportamiento del clima en esta localidad, así la inclusión de estos datos otorga rigor científico y un marco confiable para interpretar y contextualizar las bajas temperaturas características de Puerto Williams.



Fuente: Meteoblue

Considerando los datos anteriores se puede analizar la información para poder determinar de qué manera se ven afectados los hogares por adoptar la medida de dejar correr el agua para prevenir el congelamiento de cañerías, a partir de los supuestos anteriores podemos concluir, que en Julio la ciudad de Puerto Williams cuenta con un total de 26 días con temperaturas bajas, seguido por Agosto con 24.4 días y Junio 23.8 días, por otra parte mayo 14.8 días y septiembre 18.3 días tuvieron menor cantidad de días fríos lo que es coherente con su ubicación en los bordes del invierno. Con esta información obtenida de la Boleta de servicios de agua se obtiene que un m³ esta valorizado a \$880 CPL, podemos calcular los litros de agua desperdiciado, considerando el estudio realizado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, se estima al dejar el agua correr a un flujo controlado de 5 litros por minuto, y asumiendo un chorro débil durante un promedio de 12 horas diarias, se pierden un total de 7,200 litros de agua por día, lo que equivale a 0.72 m³ este volumen se multiplica por la cantidad de días con temperaturas bajas durante el mes para obtener el volumen total de agua desperdiciada. Este cálculo proporciona una estimación precisa del impacto económico y ambiental de esta medida en las viviendas, permitiendo evaluar el costo asociado y su relevancia en el contexto de la gestión de recursos hídricos en Puerto Williams.

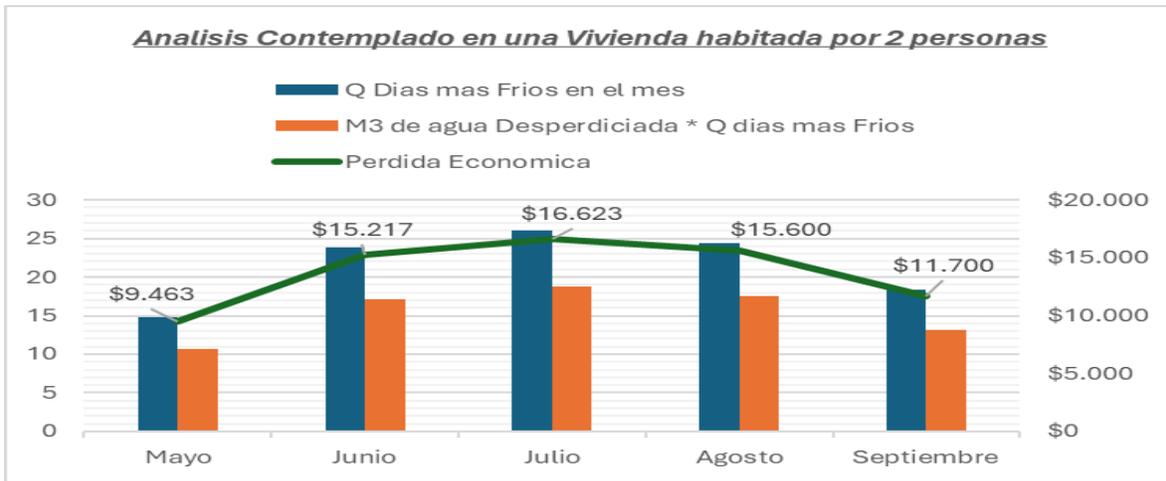


Impacto Económico del Desperdicio de Agua en Días Fríos en Puerto Williams
(1 vivienda, 2 personas)

Mes	Días Fríos	Agua Desperdiciada (m ³)	Valor por m ³ (\$880)	Pérdida Económica Estimada
Mayo	14,8	10,656	\$880	\$9.563
Junio	23,8	17,136	\$880	\$15.077
Julio	26	18,72	\$880	\$16.466
Agosto	24,4	17,568	\$880	\$15.472
Septiembre	18,3	13,176	\$880	\$11.598

Fuente: Elaboración propia

Este cuadro permite visualizar de forma clara cómo una práctica común y comprensible —como dejar correr el agua en invierno para evitar que se congele las cañerías— se traduce en pérdidas económicas significativas incluso en una sola vivienda con dos personas. Al escalar esto a nivel comunitario, las cifras pueden ser alarmantes, tanto en términos económicos como ambientales.



Otra de las medidas adoptadas por la población para prevenir el congelamiento de las cañerías es el aislamiento térmico a los medidores y las cañerías de las redes de agua potable. Para ello, se utilizan materiales aislantes disponibles en el mercado, como plumavit, espuma de poliuretano, fibra de vidrio, poliespan, espuma termoplástica, espuma de poliuretano, ropa y espuma aislante reflectante. Estos materiales contribuyen significativamente a evitar que las cañerías se congelen durante el periodo invernal.

Sin embargo, cabe destacar que no existe una normativa específica que indique qué materiales aislantes deben ser utilizados en estas zonas australes, lo que deja a criterio de los habitantes la elección de los productos más adecuados, esto implica que los recursos empleados por la población no



siempre se ajusten a los revestimientos más eficientes o apropiados para las condiciones extremas del clima, lo que podría afectar la efectividad de las medidas preventivas adoptadas.

Los costos de las medidas implementadas actualmente para mitigar el congelamiento de cañerías dependen de varios factores, tales como las tarifas locales, el acceso a servicios (como el envío, traslados, servicios especializados) y los materiales empleados en el revestimiento de cañerías, protección del medidor de agua y reparaciones por colapso de las infraestructuras. Estas acciones a menudo se ven obstaculizadas por la lejanía de las localidades, lo que complica la adquisición de materiales y la reparación de infraestructuras dañadas, además se observa un aumento en el consumo de recursos hídricos, lo cual se refleja en el monto de las boletas de consumo de agua, que duplican el monto mensual a cancelar en comparación con un mes regular.

Actualmente no existen Protocolos establecidos a nivel regional sobre los pasos a seguir ante el congelamiento de cañerías durante el periodo invernal, las medidas que se adoptan son principalmente preventivas proporcionadas por la empresa Aguas Magallanes a través de diferentes medios de comunicación y/o Instituciones Comunales, no obstante existe experiencia en la respuesta ante emergencias, como la ocurrida el 15 de mayo de 2024, cuando se produjo el desborde del río Róbalo, este evento provocó un estado de emergencia provincial y la interrupción total del suministro de agua potable a la población, en dicha ocasión, se llevaron a cabo reparaciones de emergencia, incluyendo la adquisición e instalación de nuevas cañerías.

En el contexto de soluciones implementadas en Chile con respecto al congelamiento de cañerías en el territorio Antártico Chileno, el Instituto Antártico Chileno (INACH) ha desarrollado un sistema que consiste en un pozo con agua que mantienen a temperatura sobre los 0°C, esta agua es distribuida por cañerías subterráneas con despiches cada cierto metros hacia el estanque que se encuentra en el interior de la base a temperatura ambiente, una vez que el estanque se llene se procede a desaguar las cañerías para vaciar el contenido de su interior y prevenir el congelamiento, este estanque también es utilizado como almacenamiento para la distribución de agua, sin embargo su uso es limitada por cada persona, empleada para actividades diarias como lavar, baños, aseo y un mínimo para el consumo humano, esta operación la realiza cada vez que necesitan suministrar agua en la base.

Cabe señalar que, en buques de la Armada de Chile, como el rompehielos "Almirante Viel" se emplean sistemas de resistencia eléctrica en superficies exteriores y de circulación permanente de agua para mantener escaleras, pasamanos y otras superficies de cubierta deshielados.

Descripción de la Experiencia internacional sobre cómo abordan la problemática identificada.

Al investigar como se ha abordado la problemática en otros países, se ha observado que en gran parte del mundo e incluso en grandes potencias como Estados Unidos, Japón y España, las soluciones adoptadas por sus habitantes atienden la emergencia de manera similar a lo expuesto en esta investigación, como por ejemplo dejar correr el agua en días de baja temperatura, o en caso de congelamiento aplicar calor a zonas que se detecta el estado de congelación etc. Estas soluciones no están acompañadas de ninguna intervención por parte de los Gobiernos para concentrar una solución efectiva y sostenible que muestre una preocupación a este problema hacia la ciudadanía, considerando que el cambio climático también está actuando de manera que aporta a las bajas temperaturas¹ en algunas ocasiones presentando grandes daños en ciudades urbanas.

De igual manera es relevante señalar que a nivel de grandes industrias si se está aplicando tecnologías para evitar el problema de congelamiento en matrices y cañerías que se encuentren expuestas o a la intemperie, ya sea de agua o de otro tipo de líquidos que sean vulnerables a bajas temperaturas¹ y llegan a un estado de congelación. Es así como en España una empresa pionera en uso de la una tecnología conocida como un Traceado Eléctrico, presta sus servicios de ingeniería para dar solución a diversos proyectos industriales tanto como de minería, industria alimentaria, industrias de energía entre otras. Este proceso consta de llevar una línea eléctrica sobre la matriz o cañerías que transportan el líquido, bordeando toda la cañería con esta resistencia eléctrica y recubierta por materiales aislantes

¹ Kuebler, M. (2024, enero 17). Frío intenso: la otra cara del calentamiento global. Deutsche Welle. <https://www.dw.com/es/fr%C3%ADo-intenso-la-otra-cara-del-calentamiento-global/a-68016619>



de esta manera asegura la condición líquida, y que así llegue a un equipo determinado en su óptima condición. Esta resistencia no sólo bordea la cañería, sino que también se activa mediante termostatos, sensores de temperatura y sistemas de controles computarizados en algunas ocasiones, así logra mantener una línea constante de abastecimiento de los fluidos que sean propensos a ser congelados por bajas temperaturas dado que se encuentra en la intemperie, y esto perjudica el normal funcionamiento de la industria. A simple vista se ve como un sistema demasiado complejo y costoso que es solo de acceso a grandes industrias que están sujetas a brindar un constante funcionamiento de abastecimiento en la cual la producción no se puede ver interrumpida con condiciones climáticas externas, son inversiones muy altas pero que a la larga la industria lo compensa al pasar del tiempo cumpliendo con una eficiente manera de trabajo. En nuestro país esta tecnología se está aplicando sólo a nivel industrial considerando el alto costo que implica y en algunas instalaciones su alto nivel de tecnología involucrada hace que sea de muy difícil acceso a otras áreas.

3. OBJETIVO Y RESULTADOS ESPERADOS

El objetivo general de la convocatoria enmarcado en el instrumento Desafíos Públicos es:

Desarrollar tecnologías y metodologías a través de la innovación que permitan solucionar el problema del congelamiento de cañerías durante el periodo invernal, en la Comuna de Cabo de Hornos, capaz de responder a la problemática de manera efectiva, eficaz y replicable en otras zonas con clima extremos, cumpliendo con todas las normativas vigentes y brindando bienestar social, comunitario, económico y medioambiental a la población.

Se debe encontrar una solución tecnológica accesible, resiliente, asequible, eficaz, eficiente, autónoma, replicable y con impacto medioambiental positivo al desafío del congelamiento de las cañerías en la Comuna de Cabo de Hornos. Esta solución deberá desarrollarse a través de un proceso de innovación abierta que convoque las mejores capacidades del sistema de ciencia e innovación, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población más austral del mundo. La propuesta deberá incluir un manual detallado de operación, mantención y resolución de problemas, asegurando su autonomía de funcionamiento y facilitando su implementación y sostenibilidad en el tiempo.

El resultado global esperado es:

Un sistema tecnológico integral para la prevención eficiente del congelamiento de cañerías en la Comuna de Cabo de Hornos, con el fin de garantizar el acceso continuo al agua potable (servicio básico garantizado conforme a la ley n° 21.435).

El gasto total en implementar y mantener el sistema tecnológico debería ser comparable o equivalente al costo de dejar el agua corriendo durante un invierno para esto se estima un costo \$50.000 por el lapso de cinco meses de temperaturas más bajas de invierno, sin considerar otros costos adicionales como reparaciones. La idea es que el costo del nuevo sistema sea igual o menor a estos gastos y que sea equivalente a dos años de invierno, haciendo que sea una solución más eficiente y económica. así favorecer el funcionamiento habitual de los hogares y la oferta interrumpida de los servicios públicos privados disminuyendo los costos asociados en ausentismo y reparación.

A su vez se espera que las soluciones tecnológicas tengan los siguientes atributos que permita abordar el Desafío:

- 1. Sustentabilidad y accesibilidad:** La solución debe ser sustentable, integral, segura para la salud y amigable con el medio ambiente. De vida útil extendida, además de ser asequible y de fácil mantenimiento para que esté al alcance de la población.
- 2. Autonomía y compatibilidad:** Debe ser un sistema autónomo que no dependa de operadores, y ser compatible con diversos tipos de cañerías como PVC, cobre, valco, hdpe, pead, entre otros.

3. Eficiencia y facilidad de instalación: La solución debe contemplar proteger las cañerías que se encuentran a la intemperie, así como también medidores que se encuentren en situaciones similares, debe resistir y mantener la temperatura del agua por encima del punto de congelación (> 0 = a 1°C) en condiciones climáticas extremas de T°, viento, nieve y escarcha (al menos hasta -12.6°C) y su instalación debe ser práctica, sin requerir grandes intervenciones en la infraestructura.



Consideraciones para el acceso a la solución final o transferencia y masificación de los resultados.

A continuación, se describen los requerimientos y condiciones necesarias que la Comuna de Cabo de Hornos requiere para la implementación:

Bajo Costo: Dado que la problemática del congelamiento de cañerías afecta directamente la calidad de vida de la población y constituye un asunto de interés público, la solución propuesta contempla debe contemplar un bajo costo para los habitantes de Puerto Williams y Puerto Toro. El involucramiento del Estado en la financiación inicial es fundamental, considerando que se trata de una necesidad ciudadana que históricamente ha sido subvalorada, pero que tiene un alto impacto en el bienestar comunitario.

Servicio de Mantención: La propuesta debe contemplar la implementación de un servicio de mantención integral, continuo y sostenible en el tiempo. Para ello, se considera la capacitación permanente de personal local en la Comuna de Cabo de Hornos, quienes estarán preparados para responder de manera rápida y eficaz ante eventuales desperfectos técnicos, problemas operativos, consultas u otras contingencias. Esta estrategia no solo permite una respuesta oportuna, sino que también fortalece las capacidades locales y genera autonomía en la gestión de la solución.



Adicionalmente, se contará con el apoyo de personal externo que realizará visitas programadas de manera periódica, con el fin de verificar la operatividad del sistema, asegurar su correcto funcionamiento y anticipar posibles fallas mediante un plan de mantenimiento preventiva. Esta labor será guiada por manuales detallados de operación, mantenimiento y resolución de problemas, proporcionados por los oferentes de la solución, garantizando así un servicio de mantenimiento robusto y perdurable en el tiempo.

Tecnología y métodos de acuerdo con las condiciones geográficas: La tecnología y los métodos implementados deben estar diseñados en función de las condiciones particulares de la Comuna de Cabo de Hornos, considerando su ubicación extrema, aislamiento geográfico, limitada conectividad, y las adversas condiciones climáticas presentes gran parte del año. Por ello, la solución debe ser robusta, de fácil transporte e instalación, con bajos requerimientos logísticos y operativos, y capaz de funcionar de manera eficiente en un entorno hostil, minimizando la necesidad de intervenciones externas frecuentes. Adaptar la solución a estas realidades es fundamental para asegurar su viabilidad, continuidad y sostenibilidad en el tiempo.

Cumplimiento normativo vigente: La solución implementada deberá ajustarse plenamente a la normativa legal y técnica vigente, tanto a nivel local como nacional. Esto incluye el cumplimiento de regulaciones sanitarias, medioambientales, de seguridad, construcción e instalación, entre otras que resulten aplicables. Considerar estos requisitos desde la etapa de diseño permitirá asegurar una implementación adecuada, evitar contingencias legales a futuro y garantizar la sostenibilidad y legitimidad del proyecto una vez ejecutado.

4. DETALLE DE ETAPAS

La presente convocatoria tendrá 3 etapas que se llevarán a cabo en forma consecutiva, las cuales se denominan:

- Etapa 1: Validación de Entornos relevantes o simulados
- Etapa 2: Validación de Entornos reales
- Etapa 3: Implementación y/o escalabilidad demostrada en entorno real

En cada una de las etapas se desarrollarán actividades conducentes a alcanzar los resultados esperados en ellas. Asimismo, cada etapa tendrá un número de proyectos seleccionados, los que serán indicados en este mismo apartado.

A continuación, se detallan las etapas que contendrá la presente convocatoria:

Etapa 1: Validación de Entornos Relevantes / Simulados

Inicio de la Etapa 1:

El proceso de admisibilidad, evaluación y adjudicación de los proyectos que ingresen a la Etapa 1, se regirá de acuerdo con lo indicado en el numeral "Evaluación de los Proyectos" de las bases de Desafíos Públicos 2025.

Al momento de la postulación, cada postulante deberá contar con un prototipo validado a nivel de laboratorio. Para la presente convocatoria se entenderá como prototipo validado en laboratorio a un prototipo autónomo que evite el congelamiento del agua dentro de las cañerías de distintos materiales (PVC, cobre, valco, hdpe, pead, entre otros), manteniéndola en estado líquido, sin alterar su composición química, biológica ni organoléptica (acorde a las normativas vigentes). Debe mantener su funcionamiento eficaz y eficiente hasta condiciones de temperatura ambiental de -12.6°C . Este prototipo debe estar en un TRL 3. Definimos un tiempo de 4 meses para esta etapa.

Resultado de la Etapa 1: Validación de Entornos Relevantes / Simulados

Se espera que el prototipo cumpla, con al menos, los siguientes atributos:



Eficiencia y sostenibilidad: El prototipo debe cumplir con la capacidad técnica para que este logre evitar el congelamiento del recurso hídrico manteniendo a su vez la calidad de potable y salubre del agua acorde a las normas sanitarias, logrando de esta manera asegurar el abastecimiento a temperaturas extremas. El prototipo debe ser compatible con diversos tipos de cañerías, pudiendo fabricarse utilizando materiales que sean ecológicos, reciclables o de bajo impacto ambiental siempre que logren un instrumento resistente y duradero. Esto contribuye a la sostenibilidad al reducir la necesidad de reemplazar cañerías existentes y minimizar el desperdicio de recursos.

KPI sugeridos:

- Tiempo en que el agua se mantiene en estado líquido a temperaturas de $-12,6^{\circ}\text{C}$: Meta: $\geq 90\%$ del tiempo total del prototipo funcionando a esta temperatura
- Temperatura mínima del agua dentro de la cañería durante pruebas en condiciones de -12.6°C : Meta: $\geq 0^{\circ}\text{C}$ sin variación durante 72 horas.

Compatibilidad: Esta dependerá de la compatibilidad con diversos materiales: El prototipo puede adaptarse a diferentes tipos de cañerías, como PVC, cobre, Valco, HDPE y PEAD. Esto permite su instalación en una amplia variedad de hogares sin necesidad de realizar modificaciones significativas en la infraestructura existente.

KPI sugeridos:

- Número de tipos de cañerías con las que el prototipo es compatible: Meta: Al menos 5 tipos (PVC, cobre, HDPE, PEAD, Valco).

Autonomía: Al funcionar de manera autónoma y no requerir supervisión constante, el prototipo permite a los hogares ser más autosuficientes en la gestión del agua. Esto puede contribuir a una mayor resiliencia frente a condiciones climáticas extremas y a la reducción de la dependencia de operadores o fuentes de energía externas.

- **Porcentaje de días con operación autónoma sin intervención manual:**
Meta: 100% de funcionamiento autónomo en pruebas durante al menos 30 días seguidos.
- **Cantidad de acciones humanas requeridas por semana para mantener el sistema operativo:**
Meta: 0 intervenciones semanales.

Por tanto, el resultado esperado para esta etapa será un prototipo validado en entornos relevantes o simulados, que se entenderá como: un prototipo funcional, autónomo, salubre y sostenible que evite el congelamiento del agua dentro de cañerías de distintos materiales (PVC, cobre, valco, HDPE, PEAD, entre otros), manteniéndola en estado líquido sin alterar su composición química, biológica ni organoléptica (acorde a las normativas vigentes); y con capacidad de funcionamiento eficaz hasta condiciones de temperatura ambiental de -12.6°C según la temperatura extrema histórica local.

Este prototipo deberá ser probado y validado en entornos simulados de laboratorio y cumplir con los atributos expuestos.

Plazos de la Etapa 1:

Las actividades de esta etapa deberán desarrollarse dentro de un plazo máximo de 4 meses. Para avanzar a la siguiente etapa todos los proyectos adjudicados en la etapa 1 deben presentar un informe de resultados y propuesta de continuidad a la etapa 2 a más tardar en la fecha de término de la etapa 1, a través de la plataforma de Seguimiento y Control de la ANID. Para posteriormente realizar una presentación de tales resultados y la propuesta de continuidad a un panel de expertos, así como



a la mandante. Junto con esto, deberán declarar todos los gastos correspondientes al presupuesto ejecutado en la etapa 1.

Número de proyectos a adjudicar en la Etapa 1:

La presente convocatoria adjudicará en esta etapa hasta 5 proyectos.

Monto de subsidio para cada proyecto en la Etapa 1:

El monto de subsidio para cada proyecto adjudicado en la etapa 1 es de hasta **\$40.0000.000**. El costo total de la etapa del proyecto debe cumplir con los requisitos de financiamiento y aportes de acuerdo con lo establecido en el numeral "Financiamiento, aportes del Beneficiario y Asociada(s)" de las bases de los Desafíos Públicos 2025.

Aportes de la Ilustre Municipalidad de Cabo de Hornos en la Etapa 1:

Para la etapa 1 los proyectos adjudicados podrán tener acceso a:

- Toda la información relevante para la correcta formulación e implementación del prototipo, comprendiendo: anexos técnicos, registros fotográficos, documentos oficiales relacionados con concesiones, así como estudios de campo previamente realizados.
- Como base para el diseño de la solución, se proporciona información cartográfica y planimétrica de los sectores poblados, incluyendo la ubicación de fuentes hídricas existentes y la georreferenciación de eventos críticos asociados a la problemática de congelamiento de cañerías. (anexo plano de zonificación Puerto Toro y anexo plano de zonificación Puerto Williams)
- Asimismo, se detallan las condiciones de funcionamiento específicas y las restricciones normativas aplicables, concesiones vigentes y demás regulaciones locales; no hay ordenanzas municipales implicadas. Se identifican además los inmuebles seleccionados para la implementación piloto del prototipo, los que corresponden a: 4 viviendas municipales en Piloto Pardo y a 5 oficinas satélites de la municipalidad y una vivienda particular en la localidad de Puerto Toro.
- Durante esta etapa, se contará con el acompañamiento técnico de profesionales de la Secretaría Comunal de Planificación (SECPLAN) y de la Dirección de Obras Municipales (DOM), quienes brindarán asesoría especializada y participarán en reuniones periódicas con los equipos desarrolladores, con el objetivo de facilitar el traspaso de información clave, apoyar la toma de decisiones técnicas y asegurar la adecuada integración del prototipo en el entorno local. SECPLAN estará encargada especialmente de la relación y coordinación con la comunidad y viviendas que serán parte de los entornos de prueba y DOM estará encargado especialmente de la coordinación con Aguas Magallanes, de las consideraciones particulares de funcionamiento, de la conectividad y del acceso a zonas restringidas.



Etapa 2: Validación de Entornos Reales

Inicio de la Etapa 2:

El proceso de evaluación y selección de proyectos que ingresen en la etapa 2, será lo indicado en el numeral "Informe de continuidad y evaluación de continuidad entre etapas" de las bases de los Desafíos Públicos 2025.

Cada postulante deberá contar, al momento del inicio de la etapa 2, con un prototipo validado a nivel entornos relevantes/simulados, que corresponde al resultado obtenido en la etapa 1.

Resultado de la Etapa 2: Validación de Entornos Reales

Se espera que el prototipo cumpla con, al menos, los siguientes atributos:

- 1. Eficiencia y sostenibilidad:** El prototipo debe ser capaz de mantener el agua de las cañerías en estado líquido utilizando la menor cantidad de energía posible. Esto no solo es importante para reducir costos, sino también para asegurar que el sistema sea sostenible a largo plazo tanto económica como medioambientalmente.
 - Costo de operación mensual del sistema (CLP):
Meta: \leq \$5.000 CLP durante los meses de invierno, por vivienda.
 - Eventos de congelamiento del agua dentro de la cañería con T° exterior $\leq 0^\circ\text{C}$: Meta: 0 durante pruebas prolongadas en invierno en entornos reales (al menos 30 días)
- 2. Resistencia:** es fundamental que el prototipo pueda operar de manera efectiva en condiciones climáticas extremas, como temperaturas muy bajas. Esto incluye la capacidad de resistir la corrosión y otros efectos adversos que pueden surgir en entornos fríos.
 - Vida útil estimada del sistema ≥ 5 años:
Meta: 0% deterioro *funcional* del prototipo en 6 meses
- 3. Autonomía, factibilidad de instalación y mantenimiento:** el diseño del prototipo debe cumplir y permitir una instalación y mantenimiento accesible y asequible para los vecinos. Esto es crucial para asegurar que pueda ser implementado en diferentes tipos de infraestructuras sin complicaciones y que su mantenimiento no sea una carga para los usuarios.
 - Costo total de adquisición e instalación por vivienda: Meta: \leq \$100.000 CLP por vivienda
 - Número de edificios piloto con instalación exitosa sin intervención técnica externa posterior:
Meta: $\geq 80\%$ de instalaciones piloto sin necesidad de ajustes externos posteriores.
 - Autonomía operativa continua en condiciones reales, en invierno: Meta: ≥ 90 días seguidos sin intervención técnica.
 - Porcentaje de tipos de cañerías estándar regionales compatibles:
Meta: $\geq 90\%$ de las cañerías existentes en Puerto Williams y Puerto Toro.

Estos atributos ayudan a garantizar que el prototipo no solo funcione correctamente, sino que también sea práctico y viable en el mundo real.

Por tanto, el resultado esperado para esta etapa será un prototipo validado en entornos reales, que se entenderá como: un prototipo avanzado y autónomo, de TRL 6, instalado y funcionando en condiciones reales de la Comuna de Cabo de Hornos, que evite el congelamiento del agua en cañerías (PVC, cobre, valco, HDPE, PEAD, entre otros), manteniéndola en estado líquido, sin alterar su composición química, biológica ni organoléptica (acorde a las normativas vigentes); con desempeño eficaz y eficiente hasta $-12,6^\circ\text{C}$. La solución deberá demostrar su operación en condiciones reales (viento, nieve, escarcha, humedad, heladas) y cumplir con los atributos anteriormente expuestos.

Plazos de la Etapa 2:



Las actividades de esta etapa deberán desarrollarse dentro de un plazo máximo de 6 meses. Para avanzar a la siguiente etapa, en caso de que el Desafío lo considere, todos los proyectos adjudicados en la etapa 2 deben haber presentado su informe de resultados y su propuesta de continuidad para la etapa 3 a más tardar al término de la etapa 2, a través de la plataforma de Seguimiento y Control de la ANID. Para posteriormente realizar una presentación de tales resultados y la propuesta de continuidad a un panel de expertos, así como a la mandante. Junto con esto, deberán haber declarado todos los gastos correspondientes al presupuesto ejecutado en la etapa 2.

Número de proyectos a adjudicar en la Etapa 2:

La presente convocatoria adjudicará en esta etapa hasta 3 proyectos.

Monto de subsidio para cada proyecto en la Etapa 2:

El monto de subsidio por cada proyecto adjudicado en la etapa 2 es de hasta **\$90.000.000**. El costo total de la etapa del proyecto debe cumplir con los requisitos de financiamiento y aportes de acuerdo con lo establecido en el numeral "Financiamiento, aportes del Beneficiario y Asociada(s)" de las bases de los Desafíos Públicos 2025.

Aportes de la Ilustre Municipalidad de Cabo de Hornos en la Etapa 2:

Para la etapa 2 los proyectos adjudicados podrán tener acceso a:

- Apoyo logístico: Coordinación y gestión de transporte para el desplazamiento de equipos técnicos y humanos, así como la habilitación de espacios de trabajo adecuados para el desarrollo de las actividades en terreno.
- Acceso a normativas vigentes: Disponibilidad de toda la normativa local aplicable, incluyendo ordenanzas municipales, reglamentos técnicos y otros instrumentos jurídicos relevantes para asegurar el cumplimiento normativo de los desarrollos.
- Información sobre condiciones de funcionamiento: Entrega de antecedentes específicos sobre las condiciones operativas locales, tales como restricciones territoriales, ambientales, climáticas y de infraestructura.
- Coordinación de visitas a terreno: Facilitación de visitas guiadas a los sectores pertinentes para el levantamiento de información, evaluación de contexto y verificación de condiciones técnicas.
- Se facilita acceso a los inmuebles seleccionados para la implementación piloto del prototipo, los que corresponden a: 4 viviendas municipales en calle Piloto Pardo, Puerto Williams ;1 vivienda particular en Puerto Toro y 5 oficinas municipales satélites en Puerto Williams (para ser asignadas aleatoriamente a cada equipo innovador), con un total de 3 instalaciones por equipo.
- Se identifican además los inmuebles seleccionados para la implementación piloto del prototipo (para la etapa 3), los que corresponden a: una manzana (15 a 20 casas) en Piloto Pardo y a 5 oficinas satélites de la municipalidad todas a ser tomadas por el grupo innovador y 3 viviendas particulares en la localidad de Puerto Toro, que corresponderá al entorno real de la tercera etapa.
- Apoyo profesional institucional: Acompañamiento y asesoría técnica por parte de funcionarios de la Secretaría Comunal de Planificación (SECPLAN) y la Dirección de Obras Municipales (DOM), quienes participarán activamente mediante reuniones periódicas con los equipos desarrolladores, con el fin de proporcionar información clave, resolver dudas técnicas y orientar el proceso de diseño e implementación del prototipo en el entorno local. SECPLAN estará encargada especialmente de la relación y coordinación con la comunidad y viviendas que serán parte de los entornos de prueba y



DOM estará encargado especialmente de la coordinación con Aguas Magallanes, de las consideraciones particulares de funcionamiento, de la conectividad y del acceso a zonas restringidas

Etapa 3: Implementación y/o escalabilidad demostrada en entorno real

Inicio de la Etapa 3:

El proceso de evaluación y selección de proyectos que ingresen en la etapa 3, será lo indicado en el numeral "Informe de continuidad y evaluación de continuidad entre etapas" de las bases de los Desafíos Públicos 2025.

Cada postulante deberá contar al momento del inicio de la etapa 3 con un prototipo validado en entorno real. Para la presente convocatoria se entenderá como prototipo validado en entorno real a los resultados obtenidos en la etapa 2.

Resultado de la Etapa 3: Implementación y/o escalabilidad demostrada en entorno real

Se espera que la implementación y/o escalabilidad cumpla con al menos los siguientes atributos y nos encontremos en condiciones de poder exigir las siguientes características e indicadores que pueden demostrar el correcto equipamiento:

1. **Sostenibilidad y accesibilidad:** La solución debe ser sustentable, robusta, segura para la salud y amigable con el medio ambiente. De vida útil extendida, además de ser asequible y de fácil mantenimiento para que esté al alcance de la población, incluyendo hogares vulnerables.
 - Costo total de operación anual estimado por vivienda:
Meta: \leq \$60.000 CLP anuales (incluyendo mantención, energía y recambios menores).
 - Tasa de adopción del prototipo al término de la implementación: Meta: \geq 60 % de adopción en Puerto Williams y Puerto Toro
2. **Autonomía y compatibilidad:** Debe ser un sistema autónomo que no dependa de operadores, y ser compatible con diversos tipos de cañerías como PVC, cobre, valco, hdpe, pead, entre otros; además de compatible o adaptable a distintos tipos de infraestructuras (viviendas, liceos, otras edificaciones)
 - Compatibilidad con infraestructuras locales (% de edificios de Puerto Williams y Puerto Toro donde puede instalarse sin modificaciones estructurales):
Meta: \geq 90%.
3. **Eficiencia y facilidad de instalación y operación:** La solución debe resistir y mantener el agua en estado líquido con temperatura por encima del punto de congelación (\geq a 1°C) en condiciones climáticas extremas de la región de T° (al menos hasta -19°C), viento, nieve y escarcha; y su instalación debe ser práctica, sin requerir grandes intervenciones en la infraestructura. Además, se deberá proveer un manual del usuario que contenga instrucciones de instalación, operación y posibles reparaciones.
 - Variación mensual (en %) de m^3 de agua consumidos dentro de la tendencia nacional:
Meta: \leq 25% m^3 , correspondiente al máximo del promedio de variación mensual residencial nacional.
 - Porcentaje de usuarios que declaran la solución como satisfactoria: Meta: \geq 90% (según encuesta de percepción usuaria).
 - Capacidad instalada local (n° de técnicos formados en operación y mantención): Meta: \geq 10 técnicos locales certificados.
 - Tasa de fallas operativas durante la temporada invernal completa (mayo-septiembre):
Meta: \leq 5% de fallas entre todas las unidades instaladas.
 - Tiempo promedio de respuesta y resolución ante fallas (horas): Meta: \leq 12 horas desde el aviso



hasta la solución.

- Porcentaje de instalaciones completadas sin necesidad de ajustes posteriores: Meta: $\geq 95\%$.

Por tanto, el resultado de esta etapa será la implementación y/o escalabilidad demostrada en entorno real, que se entenderá como: un sistema tecnológico integral y autónomo que evite el congelamiento del agua en cañerías de distintos materiales (PVC, cobre, valco, hdpe, pead, entre otros), manteniéndola a $T^{\circ} \geq 1^{\circ}\text{C}$, sin alterar su composición química, biológica ni organoléptica (acorde a las normativas vigentes), con un funcionamiento eficaz y eficiente hasta temperaturas ambientales de -19°C conforme a la T° mínima regional (siendo $-12,6^{\circ}\text{C}$ la T° mínima comunal).

Dado que se espera la validación del sistema a escala comunitaria, se considera un atributo clave la miniaturización de la solución. Esto implica que el sistema propuesto debe ser compacto y de dimensiones reducidas, permitiendo su fácil instalación tanto en redes privadas (al interior de las viviendas) como en redes públicas (antes del empalme domiciliario), sin requerir intervenciones estructurales complejas ni grandes espacios. Este sistema deberá estar plenamente adaptado a las condiciones geográficas, climáticas y logísticas de la comuna de Cabo de Hornos y cumplir con los atributos críticos anteriormente descritos. Debe tener un TRL 8 o mayor.

Plazos de la Etapa 3:

Las actividades de esta etapa deberán desarrollarse dentro de un plazo máximo de 10 meses.

Número de proyectos a adjudicar en la Etapa 3

La presente convocatoria adjudicará en esta etapa 3, solo 1 proyecto.

Monto de subsidio para el proyecto adjudicado en la Etapa 3:

El monto de subsidio para el proyecto adjudicado para la etapa 3 es de hasta **\$200.000.000**. El costo total de la etapa del proyecto debe cumplir con los requisitos de financiamiento y aportes de acuerdo numeral "Financiamiento, aportes del Beneficiario y Asociada(s)" de las bases de los Desafíos Públicos 2025.

Aportes de la Ilustre Municipalidad de Cabo de Hornos en la Etapa 3:

Para la etapa 3 el proyecto adjudicado podrá tener acceso a:

- **Apoyo profesional:** Acompañamiento y asesoría técnica por parte de funcionarios de la Secretaría Comunal de Planificación (SECPLAN) y la Dirección de Obras Municipales (DOM), quienes participarán activamente mediante reuniones periódicas con los equipos desarrolladores, con el fin de proporcionar información clave, resolver dudas técnicas y orientar el proceso de diseño e implementación del sistema tecnológico en el entorno local. SECPLAN estará encargada especialmente de la relación y coordinación con la comunidad y viviendas que serán parte de los entornos de prueba y DOM estará encargado especialmente de la coordinación con Aguas Magallanes, de las consideraciones particulares de funcionamiento, de la conectividad y del acceso a zonas restringidas.
- **Apoyo logístico:** Coordinación y gestión del transporte para el traslado de equipos humanos y técnicos, así como la disposición de espacios de trabajo adecuados para la ejecución de las actividades. La municipalidad también facilitará los espacios físicos requeridos para la intervención directa en terreno.
- **Coordinación de visitas a terreno:** Gestión de visitas a los sitios de implementación con el fin de monitorear el avance del sistema, evaluar su desempeño operativo y recabar información in situ que permita ajustar su funcionamiento. Se facilita acceso a los inmuebles seleccionados para la



implementación piloto del prototipo, los que corresponden a: los inmuebles seleccionados para la etapa 3; (15 a 20 casas en calle Piloto Pardo (pertenecientes a una misma manzana, 5 oficinas satélites de la municipalidad y hasta 3 viviendas particulares en la localidad de Puerto Toro).

- **Difusión y articulación con operadores locales:** Apoyo en la difusión del proyecto y coordinación con los operadores locales involucrados, facilitando su participación y retroalimentación en las distintas etapas del proceso, y asegurando una adecuada apropiación de la solución tecnológica por parte de los usuarios finales.

5. CONSIDERACIONES DE LA ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE CABO DE HORNOS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

La comuna de Cabo de Hornos presenta una serie de particularidades geográficas, climáticas y de infraestructura que deben ser consideradas para el desarrollo e implementación exitosa de esta iniciativa. A continuación, se detallan los principales aspectos:

Ubicación geográfica, infraestructura y logística:

La solución deberá ser implementada en la red de agua potable de la ciudad de Puerto Williams y la localidad de Puerto Toro, ambas ubicadas en la Isla Navarino, al sur de Tierra del Fuego.

Puerto Williams es la capital comunal y concentra sobre el 80% de la población total (1.750 habitantes y 619 viviendas habitadas, según Censo 2024). Su acceso es exclusivamente aéreo o marítimo, lo cual implica consideraciones especiales para el transporte de materiales y equipamiento, así como la planificación de las instalaciones en terreno.

Puerto Toro es una localidad aún más aislada, ubicada a 36 km al este de Puerto Williams, con 21 habitantes y 15 viviendas habitadas (Censo 2017). El acceso a esta zona es solo vía marítima, lo que limita aún más la frecuencia y volumen de traslado de insumos. Que se encuentra establecido para el último sábado de cada mes vía ferry. Estas condiciones imponen desafíos logísticos importantes:

- La solución debe ser de fácil transporte, instalación y mantenimiento.
- El diseño debe prever un funcionamiento óptimo en el clima de Cabo de Hornos, donde las temperaturas invernales pueden llegar a $-12,6$ °C.
- Se debe contemplar la diversidad de materiales de las redes de agua existentes, como PVC, HDPE, PEAD, cobre y Valco, lo que implica desarrollar tecnologías o adaptadores versátiles para su conexión segura y efectiva.

Servicios básicos, autonomía y sostenibilidad energética:

La infraestructura de servicios básicos en la comuna es limitada. No toda la población cuenta con acceso continuo a energía o recursos para operar soluciones de alta demanda energética.

Por ello, es fundamental que la solución:

- Sea autónoma en su funcionamiento, minimizando la dependencia de la red eléctrica o de fuentes externas de energía.
- Priorice el uso de fuentes energéticas renovables o de bajo consumo (por ejemplo, sistemas solares, térmicos pasivos o mecanismos mecánicos simples).
- Resista fallas prolongadas de servicios básicos y mantenga su operatividad en condiciones adversas durante el invierno.

Esta autonomía permitirá que la solución sea sostenible en el tiempo, reduciendo costos de mantención y aumentando su aceptabilidad por parte de la comunidad.

Permisos, regulaciones y normativas aplicables:

La ejecución del proyecto deberá respetar las normativas vigentes y asegurar la obtención de todas las autorizaciones pertinentes, incluyendo:

- Consentimiento informado de cada propietario o residente de las viviendas donde se implementen las soluciones.
- Permisos de intervención sobre redes de agua potable otorgados por la autoridad competente.
- Certificaciones que avalen la calidad, seguridad y durabilidad de los dispositivos o métodos empleados, incluyendo ensayos de laboratorio que garanticen su desempeño bajo condiciones extremas.

Es importante además considerar que en muchos casos la infraestructura domiciliaria no se encuentra regularizada formalmente, lo que podría implicar flexibilidad o estrategias de facilitación para la implementación.

Restricciones medioambientales y protección del territorio:



El territorio de Cabo de Hornos, próximo al Parque Nacional homónimo y designado como Reserva de la Biósfera por la UNESCO, se distingue por albergar ecosistemas únicos y de alta fragilidad ambiental. Por tanto, la solución deberá:

- Evitar cualquier intervención que afecte negativamente la flora, fauna, suelo o cuerpos de agua de la zona.
- Minimizar su huella de carbono y su huella hídrica durante su producción, transporte, instalación y operación.
- Cumplir con las normativas ambientales aplicables a zonas protegidas, trabajando de forma coordinada con organismos pertinentes.

Costos de implementación, operación y beneficios para la comunidad:

La solución debe ser económicamente accesible tanto para su instalación inicial como para su operación y mantención a lo largo del tiempo. En este sentido, se espera que los costos sean razonables para permitir su adopción masiva por parte de la población local:

- Se reduzcan gastos asociados a reparaciones por rotura de cañerías y fugas, así como el consumo excesivo de agua en el periodo invernal.
- Se generen beneficios ambientales mediante una disminución del uso de agua potable, contribuyendo a reducir la huella hídrica de la comuna.
- Se mejore la calidad de vida de la población, asegurando la continuidad del suministro de agua incluso bajo condiciones climáticas extremas, lo que repercute positivamente en la salud pública y el bienestar de los hogares.

Monitoreo de desempeño y resultados tangibles:

Es fundamental implementar un sistema de monitoreo que permita evaluar de manera periódica y sistemática el desempeño de la solución instalada.

Este monitoreo debe:

- Ser accesible y comprensible para la comunidad, permitiendo que los propios habitantes puedan observar los beneficios y detectar eventuales fallas.
- Incluir indicadores claros como reducción de roturas de cañerías, ahorro de consumo de agua, disminución de costos de reparación, entre otros.
- Permitir ajustes o mejoras continuas de la solución en base a los resultados observados.

Además, se recomienda integrar programas de capacitación básica a los residentes para empoderarlos en el uso, mantención y supervisión de la solución implementada.

6. RESUMEN DEL PROYECTO

En función de los aspectos detallados anteriormente, el desafío se organiza de la siguiente manera:

ítem	<i>Etapa 1</i>	<i>Etapa 2</i>	<i>Etapa 3 (si corresponde)</i>
Nº proyectos a adjudicar	<i>Hasta 5 proyectos</i>	<i>Hasta 3 proyectos</i>	<i>Solo 1</i>
Descripción	Un prototipo validado en entornos relevantes o simulados, que se entenderá como: un prototipo funcional, autónomo, salubre y sostenible que evite el congelamiento del agua dentro de cañerías de distintos materiales (PVC, cobre, valco, HDPE, PEAD, entre otros), manteniéndola en estado líquido sin alterar su composición química, biológica ni organoléptica (acorde a las normativas vigentes); y con capacidad de funcionamiento eficaz hasta condiciones de temperatura ambiental de -12.6 °C según la temperatura extrema histórica local. Este prototipo deberá ser probado y validado en entornos simulados de laboratorio y cumplir con los atributos expuestos.	Un prototipo avanzado y autónomo, instalado y funcionando en condiciones reales de la Comuna de Cabo de Hornos, que evite el congelamiento del agua en cañerías (PVC, cobre, valco, HDPE, PEAD, entre otros), manteniéndola en estado líquido, sin alterar su composición química, biológica ni organoléptica (acorde a las normativas vigentes); con desempeño eficaz y eficiente hasta -12,6 °C. La solución deberá demostrar su operación en condiciones reales (viento, nieve, escarcha, humedad, heladas) y cumplir con los atributos anteriormente expuestos.	Un sistema tecnológico integral y autónomo que evite el congelamiento del agua en cañerías de distintos materiales (PVC, cobre, valco, hdpe, pead, entre otros), manteniéndola a $T^{\circ} \geq 1^{\circ}C$, sin alterar su composición química, biológica ni organoléptica (acorde a las normativas vigentes), con un funcionamiento eficaz y eficiente hasta temperaturas ambientales de -19°C conforme a la T° mínima regional (siendo -12,6°C la T° mínima comunal). Dado que se espera la validación del sistema a escala comunitaria, se considera un atributo clave la miniaturización de la solución. Esto implica que el sistema propuesto debe ser compacto y de dimensiones reducidas, permitiendo su fácil instalación tanto en redes privadas (al interior de las viviendas) como en redes públicas (antes del empalme domiciliario), sin requerir intervenciones estructurales complejas ni grandes espacios. Este sistema deberá estar plenamente adaptado a las condiciones geográficas, climáticas y logísticas de la comuna de Cabo de Hornos y cumplir con los atributos críticos anteriormente descritos.
Plazo de ejecución	<i>4 meses</i>	<i>6 meses</i>	10 meses
Financiamiento ANID máximo por proyecto	<i>\$40.000.000</i>	<i>\$90.000.000</i>	\$200.000.000
Proyectos seleccionados que pasan a la siguiente Etapa	<i>Hasta 3 proyectos</i>	<i>Hasta 1 proyecto</i>	