

**“Desagripador: una solución para reducir el sobreesfuerzo de los operadores de  
tapas de redes de servicio”**

código 264- 2020

Este trabajo fue seleccionado en la Convocatoria de Proyectos de Investigación e Innovación en Prevención de Accidentes y Enfermedades Profesionales (2020) de la Superintendencia de Seguridad Social (Chile) y fue financiado por la Asociación Chilena de Seguridad, con recursos del Seguro Social de la Ley N°16.744 de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales.



Ejecutores: DIP Think

Junio 2021

## Índice de Contenidos

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
1.1. Contexto y problemática.....	3
1.2. Equipo.....	6
1.3. Metodología.....	7
1.4. Síntesis de las etapas anteriores.....	8
<b>2. IDEACIÓN Y CREACIÓN DE PROTOTIPOS.....</b>	<b>10</b>
2.1. El desafío de desagripar la tapa .....	10
2.2. Entender la Problemática del Agripamiento .....	12
2.3. Diseño, Prototipado y Testeo .....	20
2.3.1 Iteración 1.....	20
2.3.2. Iteración 2 .....	24
2.3.3. Iteración 3 .....	28
2.3.4. Iteración 4 .....	30
2.3.5. Casos de Éxito.....	31
<b>3. CONCLUSIONES.....</b>	<b>34</b>
<b>4. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>37</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Contexto y problemática

La planificación, desarrollo y renovación urbana en nuestro país es acompañada en forma integral por los servicios básicos de agua, energía y comunicaciones propios de la urbanización. La planificación y diseño de la infraestructura urbana de estos servicios se ha desarrollado ampliamente en forma subterránea, lo que implica la construcción de pozos de registro o cámaras de inspección que permiten el acceso desde la superficie a diversas instalaciones subterráneas de servicios públicos tales como: tuberías de sistemas de alcantarillado o de agua potable, redes de distribución de energía eléctrica, teléfonos o gas, entre otros.

Estas cámaras de inspección cumplen dos funciones:

- Facilitar el acceso para realizar tareas de inspección, mantenimiento y reparación de la infraestructura subterránea.
- En el caso del alcantarillado, permitir la ventilación de las redes, evitando la acumulación de gases tóxicos y potencialmente explosivos.

El ingreso a las cámaras está protegido por una tapa de registro, construida en acero dúctil, hormigón o plástico reforzado con fibra de vidrio (FRP) con pesos que llegan hasta un máximo de 120 kg. La realidad en Chile es que no existe un estándar de tapa de registro, por el contrario, existen un gran número de diseños diferentes con distintas características de peso, geometría y materialidad.

## El problema a resolver

Dadas las características de peso y geometría de las tapas, los operadores encargados de manipularlas en tareas de apertura y cierre se exponen a trastornos músculo esqueléticos asociados al manejo manual de grandes cargas y a accidentes como golpes y cortes generados por las herramientas utilizadas durante su manejo. De acuerdo con la estadística entregada por la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS), durante el año 2017 se registraron 171 ingresos de trabajadores por lesiones asociadas a sobreesfuerzo por el manejo de tapas de las cámaras de registro, que generaron 6.198 días de trabajo perdidos (equivalente a 16,9 años).

Como referencia, la empresa Aguas Andinas opera 41.000 tapas de registro sólo en la Región Metropolitana, con una dotación de 480 trabajadores propios y 650 contratistas directos expuestos a estas lesiones.

Dado que esta estadística sólo comprende las empresas afiliadas a la ACHS, con un 39% de los trabajadores afiliados (estadística de Abril de 2020, Fuente: SUSESO), y que esta problemática es transversal a otras empresas de servicios en Santiago y regiones en el rubro de la electricidad, gas y telecomunicaciones entre otras, esta constituye una problemática relevante a nivel país tanto para las empresas que realizan estas actividades como para los trabajadores expuestos.

Es frecuente que en muchos casos, las tapas de las cámaras se adhieren al agujero que las contiene pues entre el anillo de la tapa y el agujero de la cámara queda un espacio pequeño en el que se junta tierra, pasto, piedras y cualquier objeto pequeño que quepa allí. La mezcla de los materiales más la presión ejercida por el paso de los vehículos, hace que dicho material se transforme en un bloque muy difícil de destruir, dado el pequeño espacio existente allí y la alta densidad de este material. Lo anterior genera una gran adherencia de la tapa a la cámara (que denominan “agripamiento”), lo que implica que los operadores deben ejercer una gran fuerza física para intentar desagriparla. En esta tarea, existe un alto riesgo de lesiones músculo esqueléticas en toda la musculatura involucrada (brazos, manos, espalda y zona lumbar, hombros) expuesta a esfuerzos que superan ampliamente los niveles establecidos por el *National Institute for Occupational Safety and Health* de Estados Unidos o NIOSH (Fuente: Manual de Recomendaciones

Ergonómicas para Técnicos de Redes, ACHS) además de generar una problemática operativa no menor que implica la destrucción de la tapa cuando, luego de muchos intentos, no se logra destapar la cámara.

Es aquí donde se identifica el problema a resolver, que consiste en crear una solución, única y transversal, que facilite la apertura de cámaras de registro, en particular que logre desagripar las tapas de las cámaras impactando positivamente en la seguridad y salud de los trabajadores involucrados y generando valor para otros objetivos relevantes de la operación.

## 1.2. Equipo

El desafío de innovación se abordó con el siguiente equipo multidisciplinario:

### DIP Think



**José Luis Sáez**

Ingeniero Civil Mecánico, UC

Magíster en Innovación, UAI

**Patricio Vargas**

Ingeniero Civil Industrial, UC

Magíster en Innovación, UAI

### Más D



**Natalia Oviedo**

Diseñadora Integral UC

Magister en Diseño Avanzado UC

**Daniel Foncea**

Diseñador Industrial Uch

**Mauricio Flores**

Ingeniero Mecánico USACH

### 1.3. Metodología

La metodología utilizada, se denomina “Design Thinking” y se sustenta en las etapas que se describen a continuación:

1. **Investigar:** Etapa en la que se estudian e investigan tendencias (sociales, tecnológicas, comerciales, etc.), estadísticas, patentes, casos de éxito, otras industrias. Esta información resulta relevante como antecedentes y referentes de etapas posteriores.
2. **Descubrir.** Etapa en la cual se busca una comprensión profunda del usuario (interno y externo), a través de técnicas de investigación cualitativa (entrevistas y observación) en terreno. Esta etapa permite obtener información acerca de elementos, necesidades y problemáticas que están implícitas y que revelan en el acercamiento cercano al usuario y a sus interacciones.
3. **Idear:** Etapa en la cual, a partir de la consolidación de la información obtenida en etapas anteriores se logra un entendimiento integral de la problemática, en el que no sólo se identifica el problema original sino que también se logra visualizar otras necesidades y/o problemáticas complementarias. Este entendimiento permite a su vez avanzar hacia la generación de múltiples ideas de solución al desafío planteado, las cuales se ordenan y jerarquizan según los criterios de evaluación definidos. Como resultado se obtiene un concepto validado que se seguirá perfeccionando en la siguiente etapa.
4. **Prototipar.** Etapa en la cual las soluciones conceptuales obtenidas en etapas anteriores se llevan a soluciones concretas a través de prototipos que serán probados en testeos de terreno. El testeo mencionado permitirá identificar oportunidades de mejora para pulir la solución propuesta, la que se irá ajustando en cada iteración de mejora. Como resultado se obtendrá una propuesta formal de solución al desafío planteado.

5. **Pilotear:** En esta etapa se generan pilotos de implementación que permiten generar ajustes a la solución en su ambiente real de implementación y uso. Los ajustes deberán ser incorporados en la solución para su implementación final.
6. **Implementar:** A partir de los aprendizajes anteriores y las mejoras realizadas a las soluciones, se implementa la solución que resuelve el desafío.

#### 1.4. Síntesis de las etapas anteriores

En la etapa anterior de este proyecto, se abordaron las etapas de Investigar, Descubrir e Idear.

En dichas etapas se realizaron las siguientes actividades:

- 1) Estudio del contexto de la organización y la problemática
- 2) Estudio de antecedentes nacionales e internacionales
- 3) Búsqueda de tendencias (*trendwatching*)
- 4) Estudio de referentes
- 5) Construcción de la solución del futuro y sus atributos.

El contexto de la problemática se abordó desde una mirada amplia considerando tanto el proceso de distribución y recolección de agua operado por Aguas Andinas como también los problemas asociados a seguridad y salud ocupacional en relación con la operación de cámaras de registro. Estas etapas realizadas resultaron en la propuesta de soluciones para las dos problemáticas fundamentales del desafío de innovación:

- Cómo levantar y movilizar la tapa de las cámaras de registro: desarrollo de una herramienta que permita desencajar la tapa de la cámara de registro y luego movilizarla, dejando destapada la cámara para ser utilizada por los operadores.

- Cómo desagripar la tapa de las cámaras de registro: desarrollo de un elemento “desagripador” basado en la generación de vibraciones que permiten soltar las tapas de los residuos solidificados ubicados en el espacio entre el borde de la tapa y el anillo de la cámara.

Dado que este corresponde a un proyecto de continuidad de innovación y en la fase anterior se trabajó y desarrolló una herramienta ergonómica que podría reemplazar al chuzo con el que los operadores puedan desencajar y movilizar la tapa de manera segura, este proyecto se focaliza en el desarrollo de una solución para desagripar la tapa, para su posterior desencaje y movilización. El detalle de las etapas anteriores se encuentra en el documento “Soluciones para la Reducción de la Exposición de Trabajadores a los Peligros Presentes en el Manejo y Manipulación de Tapas de Redes de Servicios”, código 242-2019, publicado en la página web de la Superintendencia de Seguridad Social (SUSESO).

## 2. IDEACIÓN Y CREACIÓN DE PROTOTIPOS

### 2.1. El desafío de desagripar la tapa

Como se mencionó en puntos anteriores, el problema del agripamiento tiene relación con el material que se junta en el espacio entre la tapa y el agujero de la cámara que la contiene; aunque el espacio es más delgado que el grosor de un dedo, en el caso de una tapa de concreto la profundidad del espacio (equivalente al grosor de la tapa) puede ser del ancho de una mano. Para lograr soltar la tapa, es necesario desencajarla del agujero que la contiene, cuya configuración tiene un pequeño ángulo que facilita aquello cuando no existe material acumulado en ese espacio.



Imagen 1: Material de agripamiento

El desencaje mencionado se puede lograr generando un giro en la tapa a través de una herramienta que, inserta en el agujero de la tapa transmita la fuerza. Cuando no existe material de agripamiento, el pequeño espacio entre tapa y agujero de la cámara permite el movimiento de la tapa, y en la medida que comienza a llenarse ese espacio, no sólo disminuye la libertad del movimiento sino que también aumenta el roce entre las partes. En el caso extremo, cuando el material está muy comprimido, el espacio es nulo y el roce es máximo al generarse un efecto de bloque.

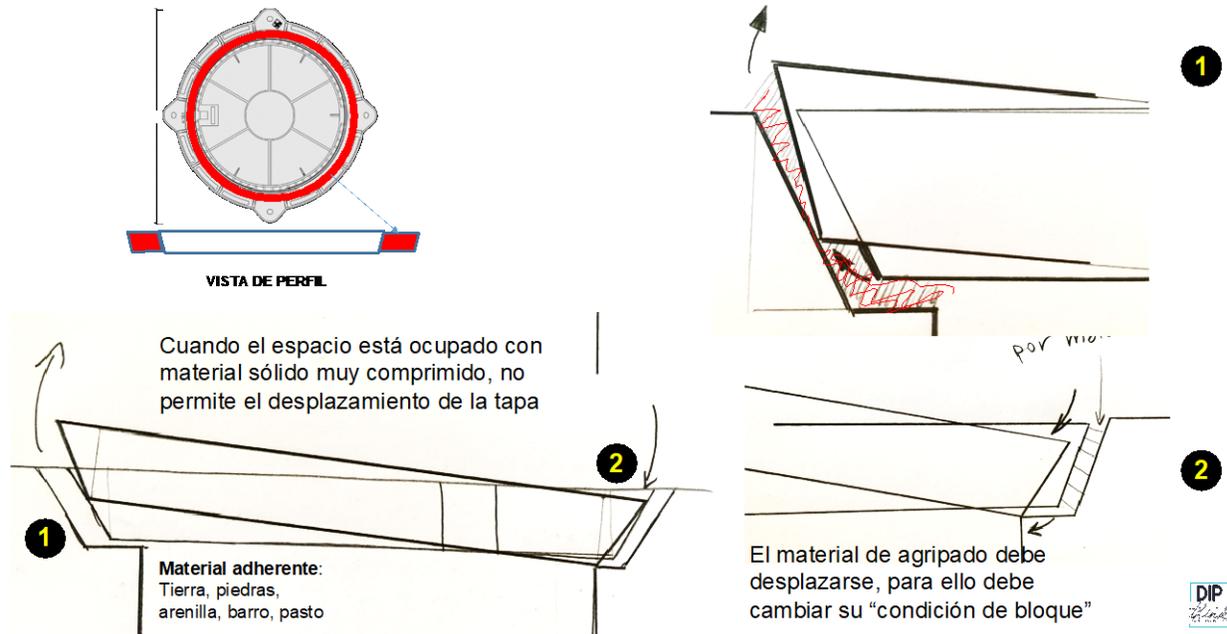


Imagen 2: Zoom al Agripamiento

Junto con lo anterior, hay situaciones en las que la tapa queda más apegada a un borde y con ello se reduce también el espacio de movimiento que permita el desencaje.



Imagen 3: Agripamiento como bloque

## 2.2. Entender la Problemática del Agripamiento

Siguiendo la metodología de Design Thinking para proyectos de Innovación se ejecutaron las acciones que se describen a continuación:

- a) Revisar Informes etapa anterior y analizar soluciones propuestas: Se revisaron los informes, resultados, y soluciones propuestas de las etapas anteriores (Iniciación y continuidad de innovación)
- b) Recopilar información técnica relevante: Se recopiló información técnica, normas chilenas, entre otros documentos.
- c) Identificar elementos críticos de solución, pre diseño: Se fabricó una estructura a escala para modelar y entender cómo se produce y se comporta el agripado de las tapas de cámaras de registro de las redes de agua potable y servida.

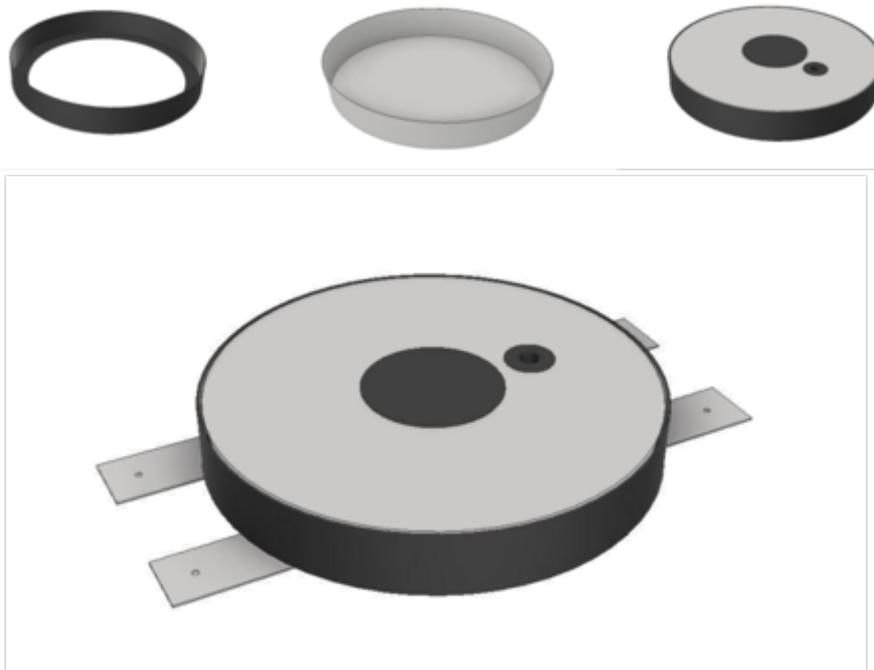


Imagen 4: Modelo 3D tapa y anillo a escala



Imagen 5: Fabricación tapa y anillo a escala.

A través de este modelo a escala, se realizaron varias pruebas para determinar qué genera y cómo se comporta el agripamiento en distintos niveles, relleno el espacio entre el anillo y la tapa con distintos tipos de materiales, de manera de simular distintos tipos de sedimentos que podrían encontrarse en la realidad, y estimar la fuerza necesaria para desagriparla; partiendo desde una tapa desagripada hasta una tapa con agripado extremo. Esto permitió determinar elementos críticos que deben ser considerados en la solución.



Imagen 6: Prueba con tapa desagripada



Imagen 7: Pruebas con distintos tipos de agripamiento

En paralelo, se buscaron referentes que nos pudieran dar pistas de los principios o conceptos que se podrían aplicar en la solución para desagripar tapas, tales como:

<p>Vibración</p>	 <p>Motor vibrador - Solución directa</p>
<p>Percusión</p>	 <p>Taladro - Solución directa</p>
<p>Presión</p>	 <p>Agua a presión</p>
<p>Tracción/Elevación</p>	 <p>Sacacorchos</p>

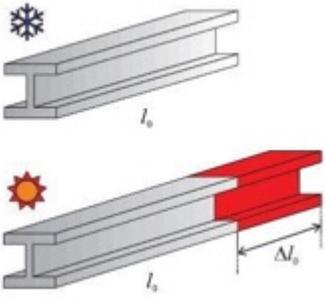
Temperatura	 <p>Deformación por cambio de temperatura</p>
Reacción Química	 <p>Soda Caustica</p>

Imagen 8: Principios de solución

Se seleccionaron algunos de estos principios, y se realizaron pruebas rápidas para observar su efectividad en lograr el desagripado de la tapa:

**Vibración:** Se modificó un motor de lavadora, agregando un peso descentrado en su eje, para generar vibraciones. Este motor se acopló a la tapa para probar cómo las vibraciones podrían desagriparla. El resultado de este experimento no fue concluyente para determinar la factibilidad del principio; pero aún no es descartado para las siguientes iteraciones.



Imagen 9: Prueba Principio Vibración

**Tracción/Elevación:** Se adaptó una gata de auto, acoplándola a tapa, de manera de generar una fuerza vertical que podría desagripar la tapa. Este sistema fue capaz de vencer el agripamiento máximo en el modelo a escala, lo que evidencia la factibilidad de este principio para incorporarlo en la solución a desarrollar.



Imagen 10: Prueba Principio Tracción/Elevación

**Presión:** Se creó una boquilla especial que se acopla a una manguera estándar para generar agua a alta presión, de manera de probar el principio de presión para desagripar la tapa. Este sistema fue capaz de vencer el agripamiento máximo en el modelo a escala,

pero requiere de un volumen de agua muy grande que requeriría ser transportado, limitando su potencial como solución a desarrollar.



Imagen 11: Prueba Principio Presión

Luego de haber realizado las pruebas de los distintos principios seleccionados, con distintos niveles de agripamiento, tenemos el siguiente cuadro comparativo de los resultados:

Principio	Nivel Agripado		
	Bajo	Medi o	Alto
Percusión	✓	✓	x
Vibración	✓	✓	x
Elevación	✓	✓	✓
Presión por agua	✓	✓	x

De lo observado en las pruebas de principios podemos concluir:

1. Todos los conceptos probados logran desagripar la tapa en nivel medio. El prototipo de elevación logra desagripar incluso un agripado máximo.
2. El sistema de percusión provoca roturas en la tapa y concentra más esfuerzo en el punto de fijación.
3. Mediante la presión de agua se logra una remoción de material más acabada, pero requiere un gran volumen de agua para funcionar, además de un sistema que permita liberar agua a alta presión.
4. Las pruebas sugieren que el sistema de elevación es el más efectivo en cantidad de energía v/s efectividad. No requiere energía externa y da independencia al sistema.

A continuación se describen las etapas, Diseñar, Prototipar y Testear que se repiten en forma iterativa para ir mejorando, refinando y/o redefiniendo la solución.

## 2.3. Diseño, Prototipado y Testeo

### 2.3.1 Iteración 1

#### Diseñar

Diseño desagripador (bosquejos + Prototipos baja resolución): Luego de revisar los distintos principios para desagripar, y concluir que el principio de elevación es el que mejor resuelve la problemática se empezaron a bosquejar distintos diseños de desagripador basados en este principio.

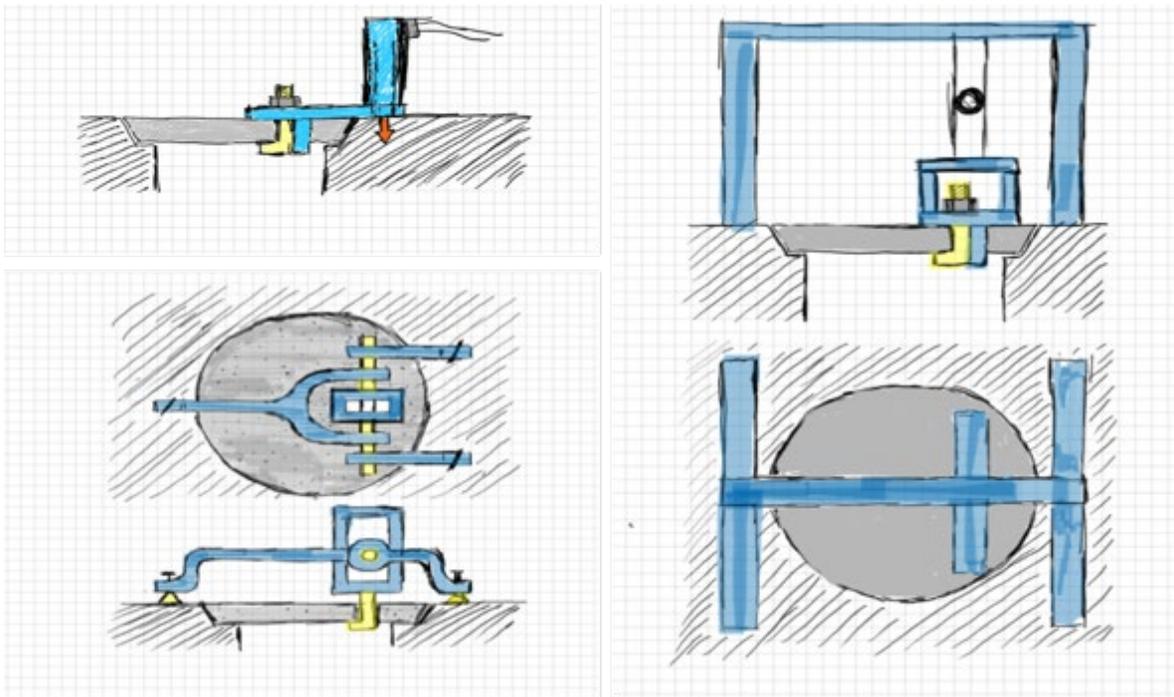


Imagen 12: Bosquejos Desagripador

Luego de desarrollar los bosquejos mencionados, se pasó a la etapa de diseño digital del desagripador (planos) y definición del material; en esa línea se diseñó en formato digital una propuesta de desagripador que tomaba conceptos de distintos bosquejos. Posteriormente se realizaron análisis de elemento finito (AEF) al diseño propuesto.

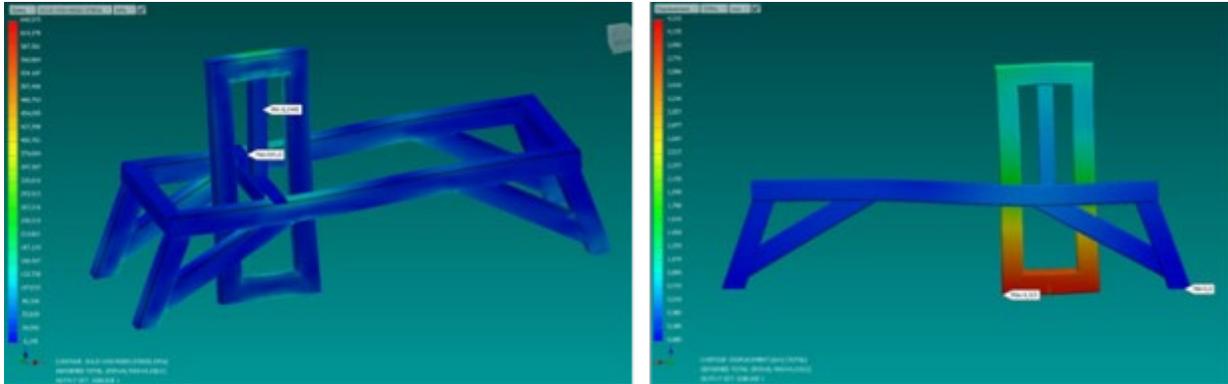


Imagen 13: Análisis de elementos finitos

Acciones de diseño previas al prototipado:

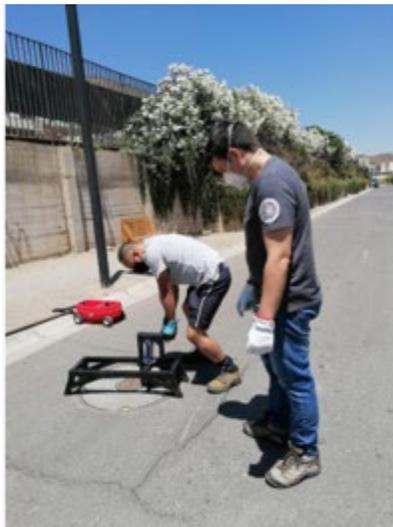
- Diseño de acople desagripador (Bosquejos + Prototipos baja resolución): En conjunto con la estructura del desagripador, también se bosquejó el acople o enganche.
- Diseño digital de acople desagripador (planos) + Definición de Material: En conjunto con la estructura del desagripador, también se diseño digitalmente el acople o enganche.
- Análisis de elemento finito acople desagripador (Material definido): Se realizaron análisis de elementos finitos (FEA) al diseño propuesto, estructura + acople desagripador.
- Revisión de diseños digitales y AEF: Se revisaron los resultados de los análisis de elementos finitos, y se decidió pasar a la construcción de los prototipos para su testeo.
- Ajustes de Diseño: Se han realizado ajustes al diseño en base a los resultados de los análisis de elementos finitos. Iteraciones de Diseño: Se han realizado iteraciones de diseño en base a los resultados de los análisis de elementos finitos.

## 2. Prototipar y Testear

Ejecutados los diseños y los análisis correspondientes se realizó la fabricación de prototipos para luego ejecutar el testeo en terreno. Con el este prototipo se realizaron testeos en terreno, los que tuvieron éxito en desagripar algunas tapas.



Imagen 14: Prototipo para testear en terreno.



### Imagen 15: Testeo en Terreno Prototipo

Al realizar un testeo del prototipo en una tapa muy agripada, se produjo un fallo en el enganche/acople debido a que la fuerza necesaria para desagripar la tapa superó la resistencia mecánica de éste, lo que nos obligó a mejorar y realizar modificaciones a ese elemento.



Imagen 16: Falla en el enganche/acople

Luego de los resultados del testeo, se realizaron mejoras al enganche, para ser probadas en una nueva iteración de prototipado y testeo. Luego de la primera iteración de diseño, prototipado y testeo, nos encontramos con problemas en la resistencia y estructura del enganche, para lo cual se realizaron mejoras a través de una segunda iteración.

### 2.3.2. Iteración 2

#### Diseño, Prototipado y Testeo

**Diseñar:** En la etapa de Diseño de la segunda iteración se ejecutaron las siguientes tareas:

- Diseño de acople desagripador (Bosquejos + Prototipos baja resolución): Luego de revisar los resultados del testeo en terreno, se propusieron mejoras en el enganche, tanto en su estructura como en su método de fabricación; determinando que, en vez de ser un elemento compuesto de partes soldadas, era mejor construirlo como una pieza sólida única, lo que implica un costo mayor ya que se requieren labores de mecanizado (torno, fresa, u otros procesos), pero que le confiere mayor resistencia.
- Diseño digital de acople desagripador (planos) + Definición de Material: Se diseñó en formato digital una propuesta de acople/enganche que tomaba conceptos de distintos bosquejos.
- Análisis de elemento finito acople desagripador (Material definido): Se realizaron análisis de elementos finitos (FEA) al diseño propuesto, estructura + acople/enganche desagripador.

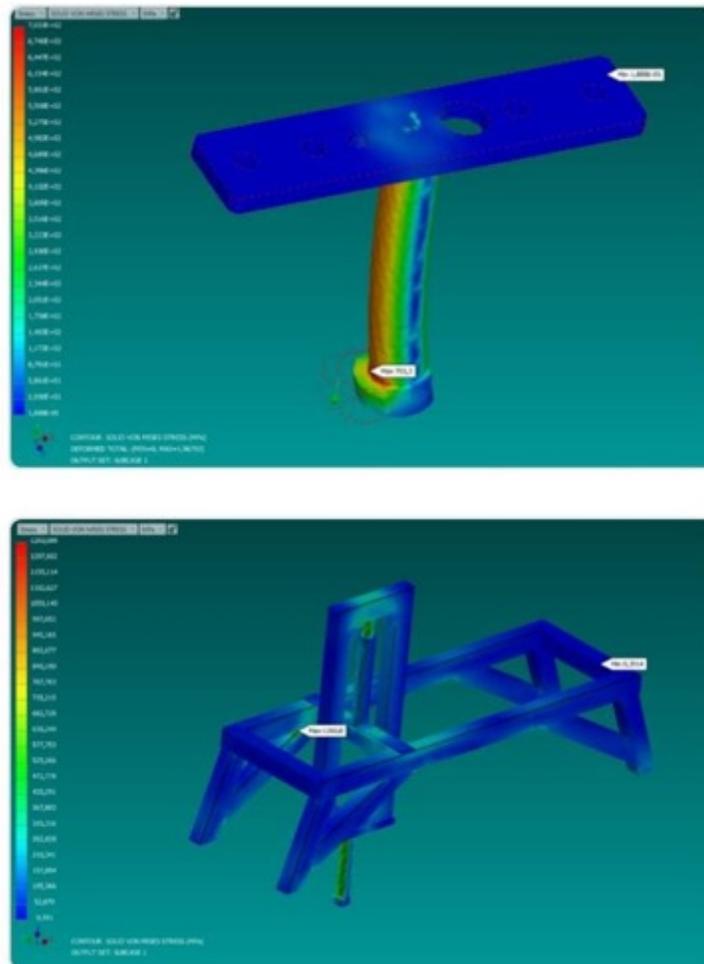


Imagen 17: Análisis de elementos finitos, acople y estructura + acople.

- Revisión de diseños digitales y AEF: Se revisaron los resultados de los análisis de elementos finitos.
- Ajustes de Diseño: Se realizaron ajustes al diseño en base a los resultados de los análisis de elementos finitos y se decidió pasar a la construcción de los prototipos para su testeo.

**Prototipar y Testear:** Se realizó la fabricación del segundo prototipo a testear, que incluye un nuevo enganche.



Imagen 18: Prototipo del nuevo enganche para testear en terreno.

Se realizaron testeos en terreno, teniendo éxito en desagripar tapas que no fueron posibles de desagripar anteriormente, sin observarse fallos en el enganche/acople ni en la estructura.



Imagen 19: Testeo en Terreno Prototipo

Además, se observó que era de ayuda, antes de utilizar el desagripador, realizar una limpieza del borde del anillo, con herramientas punzantes y agua, para soltar un poco los sedimentos presentes en esa zona.

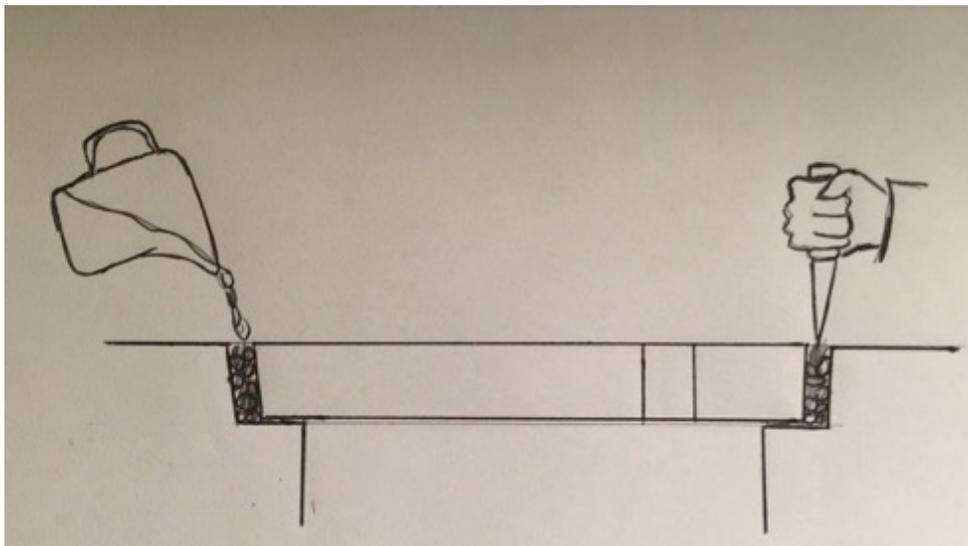


Imagen 20: Proceso de limpieza inicial del borde del anillo

Al realizar un testeo del prototipo en una tapa muy agripada, se produjo un fallo en la gata hidráulica que realiza la fuerza necesaria para desagripar la tapa, dado que llegó a su límite de diseño, por lo que fue necesario cambiar la gata hidráulica. Cabe destacar que el éxito del desagripador en algunas tapas permite concluir que el principio elegido sirve para resolver la tarea.

### 2.3.3. Iteración 3

**Diseñar:** dado que no hubo problemas de diseño en la herramienta durante el proceso de testeo y sólo era necesario cambiar la gata hidráulica, no hubo acciones relacionadas con el diseño.

**Prototipar y Testear:** Luego de la falla en la gata hidráulica, se decide cotizar una gata de mejor calidad, y de mayor capacidad, pasando de una gata de 2 toneladas de capacidad a una de 4 toneladas. Sin duda llama la atención que el agripamiento de la tapa genere una adherencia que una gata, con una capacidad de ejercer una fuerza de 2 toneladas, no se a capaz de levantar.



Imagen 21: Gata Hidráulica de 4 toneladas de capacidad.

Para poder instalar la gata con más capacidad, se realizaron pequeños ajustes a la estructura que la soporta, (a la geometría de la plataforma en la que se engancha la gata y al rectángulo en el que ésta se ubica y que permite el levantamiento de la tapa).

**Testeos en Terreno:** Se realizaron testeos en terreno, teniendo éxito en desagripar algunas tapas. Con la nueva gata de mayor capacidad, al realizar un testeo del prototipo en una tapa muy agripada, se produjo un fallo en la estructura del desagripador, ya que la fuerza necesaria para desagripar la tapa superó la resistencia mecánica de ésta.



Imagen 22: Deformación Estructura

Luego de la tercera iteración de diseño, prototipado y testeo, nos encontramos con problemas en la resistencia de la estructura del desagripador. Por lo cual se requiere una cuarta iteración para mejorar la resistencia de la estructura, para que soporte la fuerza de una gata con capacidad para levantar 4 toneladas. Creemos que esta capacidad es el límite razonable para una herramienta de estas características, por lo que se enfocara una nueva iteración de diseño con este límite de resistencia como foco.

### 2.3.4. Iteración 4

Dadas las fallas en la última iteración se ejecutaron ajustes de refuerzo en la estructura general y se agregaron algunos elementos simples de usabilidad como ruedas y una barra larga para facilitar la tarea de la palanca en la gata. En la última prueba de terreno (desarrollada en conjunto con el área operativa de Aguas Andinas) el equipo se enfrentó a escenarios más complejos como terrenos irregulares y tapas que se no se encontraban a la misma altura del suelo si no que a varios centímetros más abajo, lo que sin duda afectó el éxito del testeó, pues fue posible levantar las tapas elegidas. En otros testeos de terreno ejecutados sólo con el equipo de innovación, se habían encontrado situaciones similares y se buscaron otras tapas para probar el prototipo. En el caso del testeó con los equipos operativos de Aguas Andinas, el tiempo es un elemento muy valioso puesto que deben responder a itinerarios planificados o emergencias no planificadas; por lo que, luego de no lograr desagripar las tapas elegidas, no se pudo seguir con la prueba en otras tapas.



Imagen 23: Testeos de Prototipo en terrenos irregulares

El efecto de la pandemia y del estado de cuarentena en distintas comunas de la ciudad, sin duda fue también un elemento que generó dificultades en las instancias de testeo de terreno, puesto que aunque el equipo de Aguas Andinas tiene permisos de trabajo como servicio esencial, el equipo de innovación de DIP Think no lo tiene y por ello se tuvo que restringir el trabajo de terreno a las instancias disponibles sin cuarentena; en particular el último testeo fue ejecutado en una semana en que se suspendió la cuarentena y lamentablemente posterior a ello se volvió a activar, por lo que no fue posible buscar nuevas instancias de testeo antes de la fecha de entrega del proyecto y del presente informe.

### 2.3.5. Casos de Éxito

Inicialmente se desarrollaron pruebas con tapas desagripadas, que naturalmente fueron exitosas y se hicieron para probar que el principio de la gata hidráulica lograba resolver el desafío de levantar el peso de la tapa, ejerciendo una fuerza que no está ubicada en el centro del objeto. Posteriormente se ejecutaron 14 pruebas de desencaje de tapas agripadas, de las cuales 4 fueron exitosas (28,5%).



Imagen 24: Testeos de prototipo con tapa desagripada, prueba de principios

El proceso de desagripado consistió en una secuencia de acciones que buscaban establecer las mismas condiciones para cada caso:

1. Intentar abrir la tapa con el chuzo (esto permite verificar si la tapa estaba agripada)
2. Golpear la tapa para intentar soltar el material de agripamiento
3. Intentar nuevamente abrir la tapa con el chuzo

4. Poner agua en el borde de la tapa (en donde está el material de agripamiento), esperar un minuto para que el agua penetre y luego raspar el material de agripamiento húmedo; intentar sacar el material que sea posible.
5. Instalar el desagripador e insertar el enganche en el agujero de la tapa, con los pasadores que ajustan la pestaña del enganche
6. Ejecutar la fuerza de levante en la cata hidráulica



Imagen 25: Secuencia de desagripado exitoso, con aplicación de agua y raspaje de material



Imagen 26: Evidencia de material de agripamiento con sectores secos durante desagripado exitoso

Como experimentamos en los testeos, el agua ejercía una labor muy importante para ablandar el material de agripamiento, sin embargo no era suficiente pues en ocasiones el material de agripamiento está tan compactado que no permite el paso del líquido hasta

el final de la tapa (como se ve en la imagen 26). Junto con ello, en los testeos el equipo se encontró usualmente con muchas piedras pequeñas y medianas, completamente atoradas en el borde entre la tapa y el anillo del cámara; dado el tamaño y lo pegadas que estaban en el espacio disponible, la única forma de soltarlas es ejerciendo una gran fuerza directamente sobre ellas, cosa que es posible sólo con algún instrumento muy fuerte y delgado que quepa en el espacio entre los anillos de tapa y cámara. Cuando se logró ablandar el material de agripamiento y luego eliminar y/o soltar las piedras atoradas en el borde, además de lograr un buen enganche de la pieza que ingresa por el agujero de la tapa, se logró ejercer correctamente la fuerza vertical que se genera con la gata hidráulica que finalmente suelta la tapa y elimina el agripamiento.

### 3. CONCLUSIONES

Respecto al desempeño de los distintos principios considerados para resolver el problema del agripamiento en la tapa a escala, se tiene lo siguiente:

- Todos los conceptos probados logran desagripar la tapa en nivel medio. El prototipo de elevación logra desagripar incluso un agripado máximo.
- El sistema de percusión provoca roturas en la tapa y concentra más esfuerzo en el punto de fijación.
- Mediante la presión de agua se logra una remoción de material más acabada, pero requiere un gran volumen de agua para funcionar, además de un sistema que permita liberar agua a alta presión.
- Las pruebas sugieren que el sistema de elevación es el más efectivo en cantidad de energía v/s efectividad. No requiere energía externa y da independencia al sistema.

En las distintas etapas iterativas en las que se trabajó, hubo dificultades relacionadas con el diseño, la resistencia y/o las partes de la herramienta, que se fueron resolviendo en cada iteración y que fueron apareciendo en los distintos escenarios en los que se ejecutaron los testeos. En esos escenarios se descubrieron otras variables en juego, que resultaron muy relevantes para resolver el desafío del agripamiento:

- **Tapas de distinto espesor:** este elemento es relevante pues implica que el sistema de enganche debe adaptarse a los distintos espesores de tapa.
- **Tapas de distinto diámetro** (se encuentran en la calle tapas modificadas o fuera de estándar): esta situación se resolvió ampliando la distancia entre las patas del desagripador. Aún así, la variabilidad de diámetros, en particular en las tapas hechas, genera dificultades en la adaptación del desagripador a la geometría de la tapa.
- **Agujero de la tapa, de distintos diámetros** (3,5 y 4,0 cms.): este elemento resulta relevante para el sistema de enganche, pues la única forma de fijar algún elemento a la tapa, es a través del agujero (los agujeros laterales presentes en el anillo de la

tapa, parecen no ser un estándar y sólo algunas tapas las tienen). Este problema se enfrentó insertando junto al enganche, pasadores de distinto espesor, que permitan asegurar la pestaña al borde interno de la tapa, sin embargo, esto no ha sido suficiente para asegurar un correcto enganche universal para ella.

- **Inclinación e irregularidades en el agujero en el que se ingresa el elemento de enganche:** uno de los elementos más complejos de abordar tiene que ver con las irregularidades e inclinaciones del agujero de la tapa, puesto que éste resulta clave para enganchar cualquier sistema a la tapa. En los testeos de terreno nos encontramos con agujeros que presentaban inclinaciones (es decir el agujero no era completamente vertical), o con algunos que tenían formas tipo cónicas o con deformaciones interiores. Probablemente lo anterior tiene relación en algunos casos, con el desgaste del uso de las tapas y en otros casos con problemas de diseño de las mismas, que no son verificados y que luego generan problemas como los descritos.
- **Cemento u otro similar presente en el borde:** como caso de máximo agripamiento, nos encontramos con cemento o asfalto en el borde entre tapa y anillo de la cámara; en esas ocasiones claramente no hay forma de soltar la tapa y no queda otra opción que destruirla.

Dado lo anterior se observa que existe una gran amplitud de escenarios y variables en juego que se combinan de distintas formas y que aumentan considerablemente la complejidad del desafío. Estas dificultades no son posibles de identificar con anterioridad con un nivel de detalle adecuado como para anticiparse y resolverlas antes, puesto que no existe un catastro de las tapas y de su estado (cosa que es absolutamente factible de hacer y que fue propuesto en etapas anteriores pero que no fue aprobado por la mandante); así es como estos hallazgos se fueron abordando en la medida que fueron apareciendo. Según el trabajo iterativo de prototipado y testeos, se pudo observar que el principio de la gata hidráulica logra resolver el desafío en un porcentaje inferior al deseado ( $4/14 = 28\%$ ) aunque aún así, resulta un porcentaje atractivo pues es mejorable abordando las problemáticas ya mencionadas, y en los casos exitosos, logra resolver el desafío sin el esfuerzo físico de los trabajadores, minimizando su exposición a los peligros de la tarea. Se cree que el principio de la gata hidráulica sigue siendo válido y es conveniente seguir trabajándolo para aumentar su probabilidad de éxito, antes de pasar a probar los otros principios propuestos, que requieren de energía externa para

funcionar y transmitir, fuerza o vibración a las tapas y con ello resolver el agripamiento. Con esta experiencia, se concluye también que resulta clave el desarrollo de un sistema que permita enganchar o fijar (de manera muy segura), algún elemento externo a la tapa, para poder transmitir fuerzas que apunten a desagripar las tapas.

Dado lo anterior, sigue siendo válida la propuesta de desarrollo del kit operativo (herramienta que permita desagripar las tapas agripadas, más una herramienta que sirva para desencajar y movilizar tapas desagripadas) que permita a los trabajadores minimizar su exposición a los peligros de la tarea de apertura y manipulación segura de tapas de cámaras de registro; el trabajo desarrollado en estos proyectos apunta al desarrollo de dicho kit y aunque no esté completamente terminado, si consideramos que tiene un avance muy significativo. En una mirada más estratégica (y tal como se planteó en etapas iniciales de estos proyectos) es recomendable que además de estar pensando en el hoy y buscando soluciones para las problemáticas de la infraestructura actual, se evalúe la opción de dirigir esfuerzos hacia el diseño de una solución de largo plazo, que consista en el desarrollo de una tapa de cámara que esté diseñada y pensada para ser manipulada sin exposición de los trabajadores; este desafío es abordable en fases que pueden ir desde las etapas más simples, como sería en el desarrollo de una tapa con diseño que evite el agripamiento, hasta las más sofisticadas que incluyan tecnología y trazabilidad operativa digital, como se planteó en detalle al inicio del proyecto. Un desarrollo como el planteado no sólo eliminaría la exposición de los trabajadores sino que también generaría una significativa optimización de los procesos operativos.

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

- Mutua de Seguridad Cámara Chilena de la Construcción. Material para el Control de Riesgos Ergonómicos Asociados al Manejo de Manual de Carga.
- Asociación Chilena de Seguridad (ACHS). Recomendaciones Ergonómicas para Técnicos de Redes.
- Ministerio del Trabajo y Previsión Social, Gobierno de Chile. Guía Técnica para la Evaluación y Control de Riesgos Asociados al Manejo y Manipulación de Carga.
- Instituto Nacional de Normalización (1980). Norma Chilena Oficial NCh1623.Of80. Cámaras de inspección prefabricadas para redes públicas de alcantarillado - Requisitos. Chile: Diario Oficial N° 30.625.
- Instituto Nacional de Normalización (1980). Norma Chilena Oficial NCh1676.Of79. Cámaras de inspección prefabricadas para redes públicas de alcantarillado - Lozas - Ensayos de carga. Chile: Diario Oficial N° 30.625.
- Instituto Nacional de Normalización (1998). Norma Chilena Oficial NCh691.Of98. Agua potable - Conducción, regulación y distribución. Chile: Diario Oficial N° 36.198.
- Instituto Nacional de Normalización (1999). Norma Chilena Oficial NCh1105.Of1999. Ingeniería sanitaria - Alcantarillado de aguas residuales - Diseño y cálculo de redes. Chile: Diario Oficial N° 36.453.
- Instituto Nacional de Normalización (2000). Norma Chilena Oficial NCh2080.Of2000. Tapas y anillos para cámaras de válvulas de agua potable y para cámaras de inspección de alcantarillado público. Chile: Diario Oficial N° 36.649.
- [http://www.siss.gob.cl/586/articles-11093\\_ppt2.pdf](http://www.siss.gob.cl/586/articles-11093_ppt2.pdf)
- Chien-Chi Chang\*, Michelle M. Robertson, Raymond W. McGorry (2003), Investigating the effect of tool design in a utility cover removal operation; International Journal of Industrial Ergonomics 32 (pp. 81–92).
- Amy Stone, Debra Usher, Richard Marklin, Patricia Seeley & Janice W. Yager; Case Study for Underground Workers at an Electric Utility: How a Research Institution, University, and Industry Collaboration Improved Occupational Health Through Ergonomics; Journal of Occupational and Environmental Hygiene.

- McGill, D., King, W. (1991). Mecánica para Ingeniería y sus Aplicaciones. Estática. México: Grupo Editorial Iberoamericana, S.A. de C.V.